المجلد 27 ـ العددان 4/3
مارس/ إبريل 2011

SCIENTIFIC AMERICAN
March / April 2011

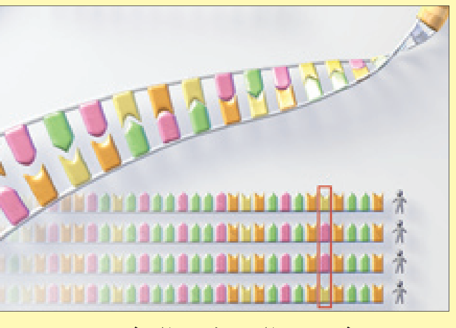
# مجلة العلوم

الترجمة العربية لمجلة ساينتفك أمريكان
تصدر شهريا في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

العددان 276/275 ـ السعر: 1.500 دينار كويتي



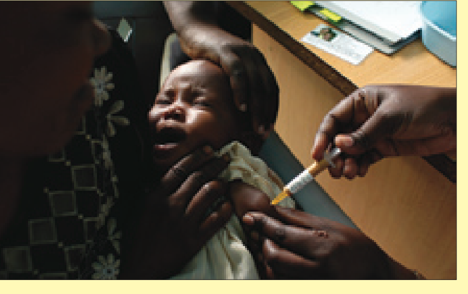
هل يمكن للزمن أن ينتهي؟



مشروع الجينوم البشري
ثورة مؤجلة



الوِب والثورة الرقمية



إيقاف أكثر الطفيليات
نشرا للموت في العالَم

تقرير خاص

## إدارة
## مستقبل الكرة الأرضية
حلول لعالَم محدود الموارد



منشأ عنيف للقارات

# المقالات

## ترجمة أو مراجعة

«*مجلة العلوم*» تصدر شهريًا في الكويت منذ عام 1986 عن «**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام، يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت، وقد أنشئت عام 1976 بهدف المعاونة في التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. و«مجلة العلوم» هي في ثلثي محتوياتها ترجمة لـ«***ساينتفيك أمريكان***» التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وتسعى هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تمكين القارئ غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتقانية، وتوفير معرفة شمولية للقارئ المتخصص حول موضوع تخصصه. تصدر «***ساينتفيك أمريكان***» بثماني عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق للمواد العلمية المتقدمة وباستخدامها القيّم للصور والرسوم الملونة والجداول.

# بزوغ الإنسالات[1] العاملات[*]

## باتت الآلاتُ قادرة على ابتكار فرضية، وإجراء تجارب لاختبارها وتقييم نتائجها من دون تدخُّل الإنسان.

<R. D. كينك>

هل يمكن **أتمتة** AUTOMATE الاكتشاف العلمي؟ لا أعني أتمتة التجارب، بل أعني: هل يمكن صنع آلة - **إنسالة**[1] عاملة - تستطيع اكتشاف معارفَ علمية جديدة؟ لقد أمضيتُ وزملائي عقدا من الزمن في محاولة لإنشاء واحدة منها.

وفي هذا السبيل يَحدونا حافزان؛ أولهما تحقيق إدراك أعمق للعلم، حسبما أشار إليه الفيزيائي الشهير <R. فاينمان> من أن «الأشياء التي لا أتمكن من إيجادها، لا أستطيع إدراك كنهها.» وفي إطار هذه الفلسفة، فإن مسعانا إلى صنع إنسالة عاملة يضطرنا إلى اتخاذ قرارات هندسية محدَّدة تتناول العلاقة بين المجرَّدات والمحسوسات وبين الظواهر العملية والنظرية، إضافة إلى طرائق إيجاد الفرضيات.

وأما الحافز الآخر، فهو حافزٌ تقاني؛ فالإنسالات العاملات يمكنها جعْل البحث أكثر إنتاجية وجدوى اقتصادية. والواقع أن بعض المشكلات العلمية معقدةٌ لدرجة أنها تتطلَّب قدرا هائلا من البحث، وليس ثمة ما يكفي من العلماء البشر للقيام بهذا كله؛ على حين تمثِّل الأتمتةُ أكبرَ أمل لنا لحلِّ تلك المشكلات.

ومازالت التقانة الحاسوبية للعلم تتحسَّن باطِّراد، ومن ذلك الأتمتة المختبرية «العالية الإنتاجية» من قبيل ترتيب **سلسلة الدنا**[2] واختبار العقاقير. وكذلك، وبدرجة أقلَّ وضوحا، تلك الحواسيب التي تؤتمت عمليةَ تحليل البيانات، والتي بدأت بتوليد فرضيات علمية أصيلة. ففي الكيمياء مثلا، تساعد برامج التعلُّم الآلي على تصميم العقاقير. على أن الغرض من الإنسالة العاملة هو ضمُّ هذه التقانات لأتمتة المهمة العلمية برمَّتها: بدءا من تكوين الفرضيات، ومرورا بابتكار التجارب وإجرائها لاختبار هذه الفرضيات، وانتهاء بتفسير النتائج وإعادة هذه الدورة إلى أن تُكتشف معارف جديدة.

وبالطبع، فإن السؤال النهائي هو: هل بإمكاننا ابتكار إنسالة عاملة تستطيع بالفعل إنجاز المهمة برمتها؟ إن قدرات الإنسالتَيْن اللتين صُمِّمتا في مختبرنا، إضافة إلى إنسالات أُخَرَ معدودات في أرجاء العالَم، توحي جميعُها بأن في استطاعتنا فِعْل ذلك.

### «آدم» تعمل في الخميرة[**]

لقد بدأ العمل الرائد في تطبيق **الذكاء الصُّنعي**[3] على الاكتشاف العلمي في جامعة ستانفورد في ستينات وسبعينات القرن الماضي. فقد صُمِّم برنامجٌ حاسوبيٌّ سُمِّي **دندرال** DENDRAL لتحليل بيانات **المطياف الكتلي**[4]، وكان البرنامج **ميتا-دندرال**[5] الملحق به أحدَ أوائل **نُظم** systems التعلُّم الآلي. وكان الباحثون يحاولون إيجاد آلات مؤتمَتة تستطيع البحث

(*) RISE OF THE ROBO SCIENTISTS
(**) ADAM TAKES ON YEAST
(١) robot = إنسالة وهذه نحت من إنسان-آلي، وجمعها إنسالات؛ ومن إنسالة نشتق robotics = إنسالية
(٢) DNA sequencing
(٣) artificial intelligence
(٤) mass-spectrometer
(٥) Meta-DENDRAL

### باختصار

من المسائل العلمية ما هو غاية في التعقيد لدرجة أن تصميم وتنفيذ التجارب اللازمة لاكتشاف أجوبتها يتطلَّب زمنا طويلا جدًّا في البحث.

والإنسالات العاملات قد تسد الحاجة. فأحد النماذج المختبرية، ويسمى آدم، يمكنه استحداث فرضيات عن جينات الخميرة ووظائفها، وتصميم تجارب لاختبار الأفكار المطروحة وإدارة العمل.

باستعمال الذكاء الصنعي والاستدلال والعتاديات الحاسوبية الإنسالية، اكتشفت الإنسالة آدم ثلاثةَ جينات تكوِّد إنزيماتٍ معينة للخميرة، لم يكن في مقدورِ علماء البشر إحرازها.

قد يقول المشكِّكون إن آدم ليست من زمرة العلماء، لأنها لا تستغني عن إسهام الإنسان وتدخُّله إذا اقتضت الحاجة. غير أن العلماء البشر والإنسالات العاملات يمكنهم أن يحقِّقوا معاً ما لا يستطيع تحقيقه أيٌّ منهم بمفرده.

المؤلف



**Ross D. King**

*أستاذ علم الحاسوب في جامعة ويلز، ويبحث في علم العلم the science of science، ومن ضمن ذلك طرق تطبيق علم الحاسوب على الكيمياء والبيولوجيا.*

عن دلائل على وجود حياة على كوكب المريخ في رحلة ڤايكنگ التي أطلقتها وكالة ناسا الفضائية سنة 1975. ولسوء الحظ، كانت تلك المهمة خلف تقانة اليوم. ومنذ ذلك الوقت انبرت برامج، من مثل **پروسپكتر** Prospector (في الجيولوجيا) و**بيكون** Bacon (في الاكتشافات العامة) وما تلاهما من برامج أحدث منهما، لأتمتة أعمال من قبيل اقتراح فرضيات وتجارب بقصد اختبارها، ومعظمها تعوزه القدرة الفعلية على إدارة التجارب فيزيائيّا، وهو أمرٌ مهمٌّ يعوَّل عليه إذا أُريد لنُظم الذكاء الصنعي أن تعمل ولو بطريقة شبه مستقلة.

وإنسالتنا المسماة «آدم» ليست شبيهة بالبشر؛ بل هي مختبر مؤتمت معقَّد، قد يشغل حجمها ركنا من مكتب [*انظر الإطار في الصفحة 7*]. تتضمن هذه **التجهيزة**[1]: **مجمِّدة** freezer، وثلاث إنسالات لمعالجة السوائل، وثلاث أذرع إنسالية، وثلاث **حاضنات** incubators، و**نابذة** centrifuge، وجميعها مؤتمتة. وبالطبع، فإن الإنسالة آدم تتمتع بدماغ ذي قدرة حسابية هائلة - وهو في الواقع حاسوب يقوم بعمليات المحاكمة ويتحكم في الحواسيب الشخصية التي تدير العتاد الحاسوبي.

وتُجري الإنسالة آدم تجارب على كيفية نمو الميكروبات وذلك بانتقاء سلالات ميكروبية وأوساط لنموِّها، ثم ملاحظة كيف تنمو السلالات في الأوساط على مدى أيام عدة. وتستطيع الإنسالة أن تستبدئ بنفسها نحو 1000 **انضمام سلالة - وسط** strain - media combination في اليوم الواحد. وقد صمَّمنا الإنسالة آدم بغية استقصاء جانب مهمّ في نطاق علم الأحياء، يفضي هو نفسُه إلى أتمتة **الجينوميات الوظيفية** functional genomics، التي تبحث في العلاقات بين **الجينات** genes ووظائفها.

لقد تناولت الدراسةُ الكاملةُ الأولى **خميرةَ السُّكَيراءِ الجِعَويَّة** *Saccharomyces cerevisiae* وهي **المتعضِّي** organism المستَعمَل في صنع الخبز والكحول. وعلماء البيولوجيا مهتمون جدّا بهذه السلالة باعتبارها متعضِّيا «نموذجيّا» يتعرَّفون بواسطته كيف تعمل الخلايا البشرية. فخلايا الخميرة تمتلك عددا أقل بكثير من الجينات التي تمتلكها الخلايا البشرية. ومن ثم، فإن الخلايا تنمو بسرعة ويسر. ومع أن آخر سَلَف مشترَك بين خلايا البشر والخميرة ربما وُجد قبل بليون سنة، فإن التطور في هذا المضمار معتدلٌ جدّا، حيث إن معظم ما

(1) equipment

يَصِحُّ على خلية الخميرة يصح أيضا على خلايانا.

وقد ركّزت الإنسالة آدم على إدراك المسألة المستعصية المتعلقة بكيفية استعمال الخميرة **للإنزيمات**[١] – من أجل تحويل وسط نموِّها إلى مزيد من الخميرة والفضلات. ولم يدرك العلماء بَعد هذه العملية إدراكا كاملا، مع أنهم درسوها مدة تزيد على 150 سنة. وهم إذ يعرفون كثيرا من الإنزيمات التي تنتجها الخميرة، فإنهم في بعض الحالات يجهلون هويةَ الجينات التي **تكوِّدها**[٢]. ومن هنا بدأت رحلة آدم لاكتشاف «**الجينات الأم**» parental genes التي تكوِّد هذه الإنزيمات «اليتيمة».

وحتى تكون الإنسالة آدم قادرة على اكتشاف علم جديد، فإنها تحتاج إلى معرفة قدر كبير من العلم الموجود حاليّا. لذلك زوَّدناها بخلفية معرفية شاملة عن **استقلاب الخميرة** yeast metabolism وجينومياتها الوظيفية. إلا أن الادِّعاء بأن الإنسالة آدم تمتلك «معرفة» كاملة عن الوسط المحيط، لا مجرد معلومات، هو اليوم مثار سجال فلسفي. غير أننا ندعي بأن «المعرفة» لها ما يسوِّغها، لأن الإنسالةَ تستعملها في التفكير وفي توجيه تأثراتها مع العالَم المادي.

وتَستعمل الإنسالة آدم عبارات منطقية لعرض معارفها. ذلك أن المنطق ابتُدع أصلا قبل 2400 سنة لوصف المعارف بدقة أعلى مما قد تسمح به اللغة الطبيعية. أما المنطق الحديث، فهو أكثر الطرائق دقة لعرض المعارف العلمية ولتبادل هذه المعارف بين الإنسالات وبني البشر بوضوح تام. ويمكن كذلك استعمال المنطق كلغة برمجة تمكِّن من تفسير خلفية الإنسالة باعتبارها برنامجا حاسوبيّا.

ولحَمْل الإنسالة آدم على البدء بالبحث، برمَجْناها بالعديد من الحقائق. وهاك مثالا نموذجيّا: فالجين *ARO3* المتعلق بالسُّكَيراء الجِعَوِيَّة يكوِّد إنزيما يدعى 3-deoxy-D-arabino-heptulosonate-7-phosphate. وكذلك زوَّدتنا الإنسالة آدم بحقائق ذات صلة، من قبيل: أن الإنـزيم المذكور آنفا يُحَفِّز تفاعلا كيميائيّا، يتمثَّل بأن المركبات phosphoenolpyruvate و D-erythrose 4-phosphate **تتفاعل لإنتاج** 2-dehydro-3deoxy-D-arabino-heptonate 7-phosphate، إضافة إلى الفوسفات.

وبربط الحقائق المتقدمة بعضها ببعض، يتكون نموذج لاستقلاب الخميرة يدمج المعارفَ المتعلقة بالجينات والإنزيمات و**المستقلَبات** metabolites (جزيئات كيميائية صغيرة). والفرق بين النموذج ودائرة المعارف، هو أن النموذج يمكن تحويله إلى **برمجيات** software قابلة للتأثير في **البيانات** data للوصول إلى تنبؤات. وتستطيع الإنسالةُ العالمة دمجَ النماذج العلمية المجرَّدة مع الإنساليات المخبرية لاختبار النماذج وتحسينها آليّا.

## الاستدلال المنطقي على الجينات(*)

عندما يتَّبع العلماءُ المنهجَ العلمي، فهم ينشئون فرضيات ثم يختبرون ـ تجريبيّا ـ نتائجها الاستدلاليةَ. وفي هذه الحالة تفترض الإنسالة آدم أولا حقائقَ جديدة تتعلق ببيولوجيا الخميرة، ثم تستنبط النتائج التجريبية لهذه الحقائق باستعمال نموذجها في الاستقلاب، ثم إنها تختبر هذه النتائج تجريبيّا لتستوثق من انسجام الحقائق المفترَضة مع الملاحظات المشاهَدة.

تبدأ الدورة بأن تقوم الإنسالة آدم بتكوين فرضيات عن الجينات التي يمكن أن تكون **أمَّات** parents للإنزيمات اليتيمة [*انظر الإطار في الصفحة 8*]. وكي تستطيع الإنسالةُ التركيزَ على أكثر الفرضيات احتمالا تَستعمل قاعدةَ معارفها. فمثلا: دلَّت معلوماتُها المتعلقة بأحد الإنزيمات اليتيمة على أنه الإنزيم 2-aminoadipate transaminase. وهذا الإنزيم يُحفِّز التفاعل: 2-oxoadipate زائد L-glutamate يُنتج L-2-aminoadipate زائد 2-oxoglutarate (يحصل التفاعل أيضا بالاتجاه المعاكس). وتتبدَّى أهمية هذا التفاعل في أنه هدفٌ محتمَل **للعقاقير المُضادة للفُطْريَّات**[٣]، ولكن الجين الأم غير معروف. ولكي تكوِّن الإنسالةُ فرضية عن جين خميرة يمكن أن يكوِّد هذا الإنزيم، عمدت أولا إلى استعلام قاعدة معارفها لترى هل توجد جيناتٌ من متعضِّيات أخرى من المعروف أنها تكوِّد الإنزيم. وجاء جواب الاستعلام يحمل الحقيقة الآتية: إنَّ لدى **الجُرَذ النَّرْويجيّ (الفأر البني)** *Rattus norvegicus* جينا يدعى *Aadat* يكَوِّد الإنزيم.

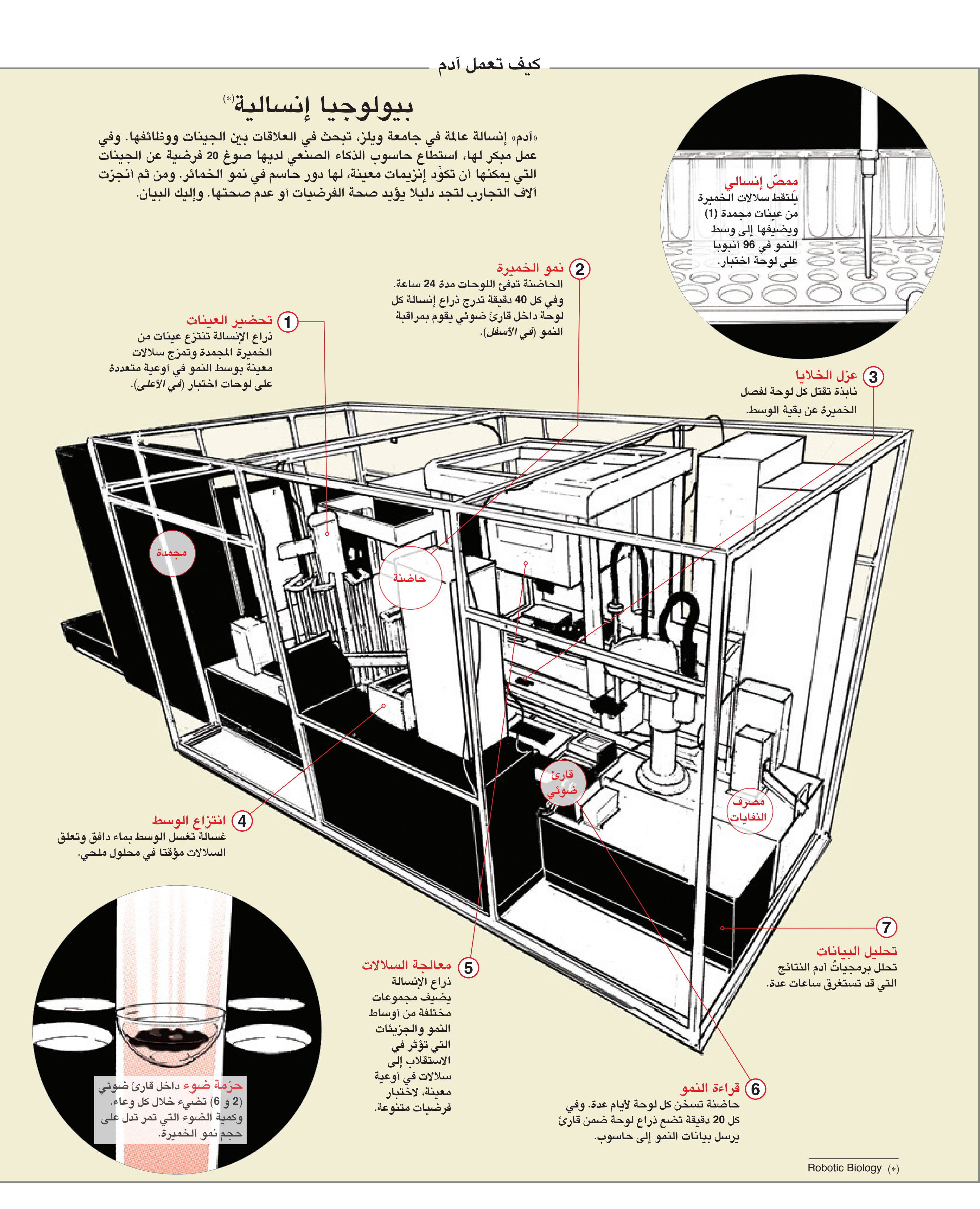
أخذت الإنسالة آدم من الإنزيم سلسلةَ البروتين المكوَّدة بجين *Aadat*، وراحت تبحث: هل توجد أيُّ سلسلة بروتينية مشابهة مكوَّدة في **جينوم الخميرة** yeast genome؟ وتعلم الإنسالة آدم أنه إذا كانت سلسلتا البروتين متشابهتين بقدر كاف، فمن المنطقي الاستنتاج بأنهما **متماثلان** homologous أي تشترَكان في سَلَف أعلى مشترك. وتدرك الإنسالة آدم أيضا أنه إذا كانت سلسلتا البروتين متماثلتين، فإن وظيفة سَلَفِهما الأعلى المشترك ربما كانت **محفوظة** conserved. ولذلك، تستطيع الإنسالةُ الاستدلال بسلاسل البروتين المتشابهة على أن الجينات المكوِّدة لهذه السلاسل قد تكون لها الوظيفة نفسها. وقد اكتَشفت الإنسالة آدم ثلاثةَ **جينات للخميرة** yeast genes ذات سلاسل مشابهة لسلسلة الجين *Aadat* هي: YER152c و YJL060w و YJL202w، فافترضت أن كلاّ من هذه الجينات يكوِّد الإنزيم 2-aminoadipate transaminase.

---

(*) REASONING ABOUT GENES
(١) enzymes = بروتينات معقدة تحفز تفاعلات كيميائية حيوية معينة.
(٢) encode
(٣) antifungal drugs

# بيولوجيا إنسالية(*)

«آدم» إنسالة عاملة في جامعة ويلز، تبحث في العلاقات بين الجينات ووظائفها. وفي عمل مبكر لها، استطاع حاسوب الذكاء الصنعي لديها صوغ 20 فرضية عن الجينات التي يمكنها أن تكوِّد إنزيمات معينة، لها دور حاسم في نمو الخمائر. ومن ثم أنجزت آلاف التجارب لتجد دليلا يؤيد صحة الفرضيات أو عدم صحتها. وإليك البيان.




(*) Robotic Biology

ولكي تختبر الإنسالة آدم فرضياتها، قامت بإجراء عدد من التجــارب الفيزيائية؛ فزَرَعَتْ ســلالاتِ خميرة محدَّدة اختارتها مــن مجموعة كاملة محفوظة في مجمِّدتها، بحيث انتُزِع من كلِّ ســلالة جينٌ معيَّن. وسَــبَرَت الإنســالةُ نموَّ سلالات الخميرة الثلاث التي فقدت الجينات *YER152c* و *YJL060w* و *YJL202w* على الترتيب، لدى زراعتها بوجود موادَّ كيميائية – مثل L-2-aminoadipate – ذات صلة بالتفاعل الذي حفَّزه الإنزيم.

والخطوة التالية هي إجراء اختبار على السلالات. ولكن لما كانت الأموالُ المخصصــة للعلم محدودة دومًا، والعلماءُ غالبا ما يتنافسون لإحراز قصب السَّبَق في حلِّ مشكلة، فقد أخذنا على أنفسنا تصميم الإنسالة آدم لتقوم بابتكار تجارب فعالة في اختبار الفرضيات بتكلفة منخفضة وسرعة عالية. ولتحقيق هذا المطلب، تفترض الإنســالة آدم أن كلَّ فرضية تحتمــل الصحة. غير أن هذا الافتراض هو موضع خلاف؛ فبعض الفلاســفة – مثل <K. پوپــر> – لا يقرُّون بأن تكون للفرضيات احتمــالاتٌ مرافقة. ومع ذلك، فإن معظم العلماء العاملين يســلِّمون ضمنيّا بأن أنواعا معيَّنة من الفرضيات أرجــح من غيرها في إثبــات البرهان علــى صحتها. فهم يتَّبعــون مثلا الفكرة العامة «**نَصْـل أوكام**»[1] – وهي تقول: في الأحوال العادية يكون احتمال الفرضية البســيطة أكبر من احتمال الفرضية المعقدة. وتأخذ الإنسالة آدم بالحسبان أيضــا تكلفة أي تجربة محتملة، وهي حاليّا لا تتجاوز تكلفةَ المواد الكيميائية المســتعملة فيها، علما بأن المنهج الأفضل هو الذي يأخذ بالحسبان «تكلفة» الوقت أيضا.

ولو افترضنا وجود مجموعة من الفرضيات مع احتمالاتها المرافقة، ومجموعة من التجارب المحتملة مع تكاليفها المرافقة فإن الهدف الذي نحدِّده للإنســالة آدم هو أن تختار سلسلة مــن التجارب التي من شــأنها أن تخفِّض إلــى الحدِّ الأدنى التكلفةَ المتوقعةَ من اســتبعاد جميــع الفرضيات عدا واحدة منهــا. ومع أن متابعة هذه المقاربــة على النحو الأمثل صعبةٌ جدّا حاسوبيا، فقد أظهرت تحليلاتنا أن استراتيجية الإنسالة آدم التقريبية تنتقي التجارب التي تحلّ المشــكلات بتكلفة أقل وســرعة أكبر من غيرها من الاستراتيجيات، فيقع اختيارها مثلا – وبكل بســاطة – على أقل التجارب تكلفة. وفي بعض الحالات، تستطيع الإنسالة آدم تصميمَ تجربة واحدة يمكنها تســليط الضوء على كثيــر من الفرضيات. علــى أن العلماء البشــر يســعون جاهدين إلى فعل مثل هذا؛ فهم يميلون إلى طرح فرضية واحدة في كل مرة.

تجربة فكرية

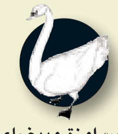
## كيف تفكر الإنسالات(*)

**كيـف «تفكـر» الإنسـالة العاملـة؟ إنهـا تسـتعمل الخيارات نفسـها التي يسـتعملها البشـر. أحد هذه الخيارات هـو الاستدلال الاستنتاجي deductive inference، وهو الأساس في الرياضيات وعلم الحاسوب. وهو إلـى ذلـك مُحْكَم sound؛ أي إذا بدأت بقضية صحيحة فيمكنك اسـتنتاج قضايا جديدة صحيحة فقط. ولكن لسوء الحظ، وبسـبب غياب «نظرية كاملة لكل شيء»، فإن هذا الاستدلال غير كافٍ في العلم، لأنه لا يستطيع أن يجد حلاّ إلا لنتائج معلومة سابقا.**

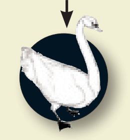
**خيار ثانٍ هو الاســتدلال الإبعــادي abductive reasoning، وهو غير محكم، كما هـو واضح فـي مثـال الإوزة swan التالـي؛ إذ إن كثيرًا من الأشـياء تكـون بيضاء، ولكنها ليست إوزًا. يقدِّم هذا الاسـتدلال حاليًا طريقة في توليد فرضيات يمكن أن تكون صحيحة. إن الاستبصار النافذ فـي العلـم يـرى أن طريقة تقرير الحقيقة ليسـت محصورة بالاسـتدلال الصِّرف من الافتراضات، بـل بإجراء التجارب علـى العالم المادي. فإذا افترضت الإنسـالة آدم أن ديزي Daisy هي إوزة، فإن طريقتها في تقرير صحـة هـذا الافتراض هي أن تقوم الإنسـالة آدم بمسـك ديزي تجريبيًا وفحص كونها إوزة أو بطة duck أو غير ذلك.**

**الخيار الثالث هو الاســتقراء induction، وهو كالاستدلال الإبعادي، يقدم طريقـة لاسـتنتاج فرضيـات جديـدة. فـإذا كانت كل إوزة نراها بيضاء، فمن الطبيعي أن نسـتنتج – كما فعل أرسـطو – أن جميع الإوز بيضاوات. ولكن الاستقراء غير مُحْكَم، وقد ثبت بطلان استقراء أرسطو باكتشـاف الإوز الأسـود في أستراليا. ونحن نسـتعمل الاستقراء دائمًا في حياتنا اليومية. فهو يطمئننا بأن الشمس ستشرق غدًا وأن فطورنا لـن يُسـمِّمنا. ومع ذلك، فإن دور الاسـتقراء في العلـم مدعاة خلاف، لأن مسوغات الاستقراء هي أنه يعمل عمومًا، وهذا بحدِّ ذاته استقراء.**

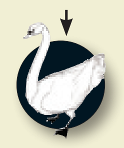
استقراء
Induction



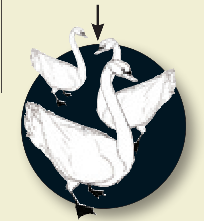
«ديزي» إوزة وبيضاء.



«داني» إوزة بيضاء.



«دانتي» إوزة وبيضاء
[وهلم جرا].



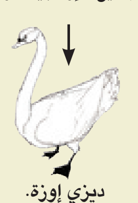
إذن؛ جميع الإوز بيضاوات.

استدلال إبعادي
Abduction

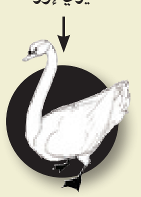


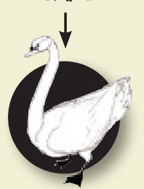


جميع الإوز بيضاوات.



ديزي بيضاء.





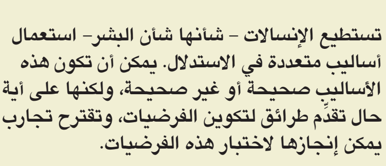
إذن؛ ديزي إوزة.

استدلال استنتاجي
Deduction

جميع الإوز بيضاوات.

ديزي إوزة.

إذن؛ ديزي بيضاء.



تستطيع الإنسالات – شأنها شأن البشر– استعمال أساليب متعددة في الاستدلال. يمكن أن تكون هذه الأساليب صحيحة أو غير صحيحة، ولكنها على أية حال تقدِّم طرائق لتكوين الفرضيات، وتقترح تجارب يمكن إنجازها لاختبار هذه الفرضيات.

(*) How Robots Reason
(1) Occam's razor

## 20 فرضية، منها 12 فرضية مبتكَرة[*]

ما أن يتوجَّه اهتمامُ نظام الذكاء الصنعي لدى الإنسالة آدم إلى التجارب الواعدة حتّى تبادر إلى استعمال تقاناتها **الإنسـالية**[1] لتنفيذ هذه التجارب ومراقبة نتائجها. فهي لا تستطيع مراقبة الجينات والإنزيمات بصورة مباشرة؛ بل تقتصر ملاحظاتُها على ملاحظة كمية الضوء المسلَّطة على مزارع الخميرة. وانطلاقا من هذه البيانات، ومرورا بسلسلة معقدة من الاستدلالات، تقرِّر الإنسالة آدم: ما إذا كان الدليل ينسجم مع الفرضيات المتعلقة بالجينات والإنزيمات أم لا. ومثل هذه السلاسل من الاستدلالات أمرٌ مألوفٌ في العلم؛ فمثلا، يستدل علماء الفلك على ما يحدث في المجرَّات النائية من الأشعة التي يعاينونها بأجهزتهم الفلكية.

لقد كان البتُّ في مسألة انسجام الفرضيات من أصعب المهمات على الإنسالة آدم، وذلك لأن العلماء كانوا قد اكتشفوا جميعَ الجينات التي يسبِّب انتزاعُها اختلافات نوعية في نمو الخميرة. وعلى ذلك، فإن انتزاع جينات أخرى لا يَنتج منه عموما سوى اختلافات ثانوية في النمو. وتَستعمل الإنسالة آدم تقنيات معقدة للتعلُّم الآلي لكي تقرِّر مدى أهمية أيّ من الاختلافات الثانوية عند انتزاع جين من الجينات.

وقد ولَّدت الإنسالة آدم 20 فرضية عن الجينات التي تكوِّد إنزيمات معيَّنة في الخميرة، وأثبتتها تجريبيّا. وكانت فرضياتُ الإنسالة آدم هذه - كسائر الفرضيات العلمية - بحاجة إلى إثبات. لذلك ذهبنا نتحقق من صحة ما وصلت إليه من نتائج باستعمال مصادر أخرى من المعلومات غير متاحة لها، وبإجراء تجارب جديدة نفَّذناها بأيدينا، خلصنا إلى أنَّ سبعا من نتائج آدم معروفة سابقا، ونتيجة واحدة خطأ، واثنتي عشرة نتيجة علمية مبتكَرة.

وقد أكَّدت تجاربُنا اليدوية لاختبار النتائج أن الجينات الثلاثة (*YER152c* و *YJL060w* و *YJL202w*) تكوِّد الإنزيم 2-aminoadipate transaminase. أما السبب المحتمل في أن وظيفة الجينات الثلاثة لم تُكتشَف سابقا، فهو أن هذه الجينات تكوِّد الإنزيم نفسَه؛ وأن الإنزيم يستطيع تحفيز سلسلة من التفاعلات ذات الصلة؛ وليس للتمثيل البسيط المؤلَّف من جين واحد مقابل إنزيم واحد - وهي الحالة الشائعة - مكانٌ هنا. فكان الاختبار الدقيق الذي أجرته الإنسالةُ آدم وتحليلها الإحصائي ضروريّا لحل هذه التعقيدات.

## هل تُعَدُّ الإنسالة عالمة؟[**]

يعترض البعضُ على مصطلح «إنسالة عالمة»، مشيرين - مع شيء من التسويغ - إلى أن الإنسالة آدم أقربُ إلى عالِمة مساعِدة منها إلى عالمة مستقلة. إذن، فهل من الصواب إذن الادعاء بأن الإنسالة آدم اكتشفت معارف علمية جديدة من تلقاء نفسها وبصورة مستقلة؟ لنبدأ بـ «الاستقلالية». لا نستطيع ببساطة أن نطلق الإنسالة آدم للعمل ثم نعود بعد بضعة أسابيع لنتفقد نتائجها. فالإنسالة آدم هي نموذج تجريبي، وعتادياتها الحاسوبية وبرمجياتها كثيرا ما تتعطَّل، ويتطلب ذلك تَدخُّلَ فنِّيّ مختص. حيث إن دمج وحداتها البرمجية يحتاج أيضا إلى تحسين بحيث تعمل جميعها بسلاسة من دون أي تدخُّل من الإنسان. ومع ذلك، فإن فعالية الإنسالة آدم في وضع الفرضيات وإثبات معارف جديدة تجريبيّا لا يعتمد على فِكر بشريّ أو جهد مادي.

أما مصطلح «الاكتشاف»، فيثير جدلا يعود إلى القرن التاسع عشر وإلى شخصية الليدي <A. لوفْليس> التي تنتمي إلى الحركة الرومانسية في الأدب والفن، وهي ابنة الشاعر <لورد بايرون>، وتعاونت مع <Ch. بابيج>، أول مَن وضع تصورا لآلة حاسبة متعددة الاستخدامات. وقد أدلت الليدي <لوفْليس> بحجة تقول: «ليس للآلة التحليلية أن تدَّعي لنفسها ابتداع أي شيء، كلُّ ما تستطيع فعلَه هو أن تؤدِّي ما نأمرها نحن بأدائه.» وبعد مئة عام عرضَ العالِم الكبير في الحواسيب <A. M. تيورنگ> حجة مضادة على سبيل القياس إلى الأطفال. فكما أن الأساتذة لا ينالون كامل الفضل على اكتشافات تلاميذهم، فليس من العدل أن يدَّعي بشرٌ لأنفسهم كاملَ الفضل على أفكار من نِتاج آلاتنا. ولهذه المناقشات أهمية تجارية متنامية؛ فقانون براءة الاختراع في الولايات المتحدة مثلا ينص على أن «الشخص» فقط هو الذي يمكن أن «يخترع» شيئا ما.

وأخيرا، ما درجة الأصالة في علم الإنسالة آدم؟ إن بعض التقابلات بين وظائف الجينات والإنزيمات في خميرة السُّكَيراء الجِعَويَّة - التي كانت الإنسالة آدم قد وَضَعت لها فرضيات وأثبَتتها تجريبيّا - مَعْرفةٌ مبتكَرة بالتأكيد، وهي - على تواضعها - تمثل معرفة لا يستهان بها. ففي حالة الإنزيم 2-aminoadipate transaminase، اكتشفت الإنسالة آدم ثلاثةَ جينات منفصلة يمكن أن تحل لغزًا عمره 50 سنة. ولا غرو في أن بعض استنتاجات الإنسالة ربما تكون خاطئة؛

(*) 20 HYPOTHESES, 12 NOVEL
(**) IS THE ROBOT A SCIENTIST?
(1) robotics

*التتمة في الصفحة 93*

# ما ينتظرنا في قادم الأيام(*)

*إن الوجه الآخر لكل نهاية هو بداية جديدة. لقد سألت مجلة ساينتفيك أمريكان العلماء كثيري الرؤى من بين أعضاء مجلسها الاستشاري عن التوجهات الجديدة التي ستقولب عالمنا خلال العقود القادمة، وفيما يلي ردود هؤلاء العلماء.*

(*) WHAT COMES NEXT أو «ماذا يحدث بعد».

[تعقد][1]

# عصر التورط الرقمي[*]

<D. هيليس>

في تاريخ 2009/11/19 وفي مدينة سولت ليك الأمريكية، توقفَت عن العمل داخل **موجِّه حاسوب** router **لوحةُ دارة** circuit board. وقد تسبب هذا الخلل في فيض من المشكلات التي أدت إلى منع حواسيب التحكم في حركة النقل الجوي من التواصل على مستوى الوطن بأكمله. ونجم عن ذلك إلغاء مئات الرحلات الجوية. وفي تاريخ 2010/5/6، هبط مؤشر **داو جونز** Dow Jones، لسبب غير مفهوم بمقدار 1000 نقطة خلال دقائق لكنه عاد وارتفع، لأسباب غير واضحة قبل نهاية ذلك اليوم. ولولا أن هذا الانهيار المفاجئ قد عاد وعدَّل نفسه؛ لنجم عن ذلك كارثة مالية عالمية.

لقد ربطنا – نحن البشر – أقدارنا بالآلات، وأصبحت التقانة بالغة التعقيد، بحيث لم يعد بإمكاننا فهمها أو التحكم الكامل فيها. وبذلك نكون قد دخلنا في عصر التورط الرقمي.

اعتقد الناس حينما كانوا يعيشون في الغابات أن الظواهر الطبيعية تنجم عن أشياء غامضة لا يدركها العقل. وخلال العصور المظلمة (العصور الوسطى) كان الناس يعزون حصول الأحداث غير المتوقعة التي تغير مجرى حياتهم إلى الآلهة. ولكن عصر التنوير قَدّم الأسباب المسؤولة عن ذلك، وهكذا بدأ التحليل العلمي يكشف خبايا عالمنا أكثر فأكثر، وبدأنا نشعر بأننا نمتلك ناصية الأمور، ومنحنا فهمُنا للأمورِ القدرةَ على تشكيل بيئتنا التقانية المعقدة.

وتعد الإنترنت (الشبكة العنكبوتية) شاهدا على ذلك. وربّما لا يعي معظم الناس أنهم يعتمدون على الإنترنت حينما يجرون مكالمة هاتفية، أو يحلِّقون في الجو داخل طائرة. وفي عالمنا المتشابك، ازدادت صعوبة فهم النُّظم التي بنيناها أو معرفة كيفية إصلاحها. فبعد أسابيع من وقوع الأزمة المالية الأخيرة قام المنظمون بتركيب قواطع شبكات تجارة جديدة، آملين بأن يؤدي ذلك إلى منع حدوث انهيار آخر، ومع ذلك فهم غير متيقنين من أن هذه المعالجات سوف عملها بالفعل دورها المنشود.

في القرن العشرين، كان المبرمجون قادرين على توجيه حاسوب إلى ما عليه أن يفعله بالضبط. لقد مارسوا سيطرة كاملة على منظومة كانوا يفهمونها تماما. أما اليوم، فإن المبرمجين يربطون بها زجلات **تجميعة** modules معقدة قام آخرون بتجميعها، دون أن يعرفوا تماما كيف تقوم الأجزاء بأداء عملها. وعلى سبيل المثال، فإن البرنامج الذي يُوجِّه الناقلات البرية لتزويد المخازن بحاجتها من البضائع، يحتاج إلى معرفة مكان وجود هذه الناقلات، ومواقع المخازن وما بها من مخزون، إضافة إلى خرائط الطرق. ويقوم البرنامج باتباع هذه المعلومات بالتواصل مع برامج أخرى عبر الإنترنت، وقد يقوم البرنامج بدعم النظم التي تتتبع الطرود وتدفع مستحقات السائقين ويتابع كذلك صيانة الشاحنات.

وإذا وسَّعنا هذه الصورة لتشمل المصانع ومحطات توليد الكهرباء، إضافة إلى العاملين في مجالات التسويق والإعلان والتأمين والمتابعين وتجار الجملة، فإنك سترى عندئذ النظام المعقد الذي يقف خلف القرارات اليومية العديدة. ومع أننا نحن الذين ابتدعناها، إلا أننا لم نصممها بالضبط، ولكنها نشأت على هذا النحو، ونحن نعتمد عليها ولكننا لا نُحْكِم السيطرة الكاملة عليها. فكل خبير يعرف جانبا من الأحجية، لكن الصورة الكاملة أكبر من أن تُدرك.

لقد حان الوقت لنبدأ توجها معاكسا، إذ ينبغي أن نبدأ ببناء نُظم دعم بسيطة يمكن لشخص واحد أن يفهمها جيدا، وذلك بهدف حماية أنفسنا حينما تفشل النُّظم المهمة (الحرجة). فخلال العقود الماضية كان بإمكان مشغِّلي المذياع الهُواة أن يُبْقوا العالم على تواصل، وإذا تعطلت وسائل الاتصال التجارية، علينا أن نطور نُظُم اتصالات بسيطة، لا تعتمد على الإنترنت، حتى تتمكن الحضارة من الاستمرار إذا ما حدث **هجوم سيبري** cyberattack أو هجوم من فيروسات الحواسيب، أو حدث طارئ غير متوقع يؤدي إلى تشويش **الفضاء السيبري** cyberspace.

حينما يتحقق الناس من أننا عدنا إلى الغابة الرقمية التي خلقناها بأنفسنا، فإن بعضهم سوف يعود إلى الروحانيات. إن معظم الناس مستعدون لقبول **التعقد**[1] والتعايش معه. ولكن البعض سيحاول أن يعيش **خارج الشبكة** off the grid، في حين أن القلة سوف تستغني عن استخدام المواقع الإلكترونية أو الهواتف الخلوية أو الإنارة الكهربائية أو البنسلين.

وسواء أأعجبك الأمر أم لا، فإن شدة اعتمادنا على الإنترنت سوف تمنعنا من الاستغناء عنه، إن قدر كل منا مرتبط بأقدار الآخرين وكذلك بتقاناتنا.

المؤلف

*<هيليس>، هو مؤسس مشارك لمؤسسة Long Now، وقد نشر نبوءته بأن **المشكلة Y2K**[2] لن تحدث.*

(*) THE AGE OF DIGITAL ENTANGLEMENT

(١) complexity

(٢) المشكلة Y2K: هي مشكلة توقَّع البعض أن تتعرض لها الحواسيب، عند دخولنا في القرن العشرين (Year Two Thousand)، لدى كتابة الحواسيب للتواريخ. (التحرير)

[هندسة حيوية]

## حياة مصممة حسب الطلب(*)

<A. كپلان>

في الشهر 2010/5، أعلن <J. C. ڤينتر> أنه وزملاءه، كوّنوا بكتيريا جديدة حية من **جينوم** genome **فكّوا كوده** decoded، وأعيد بناؤه صنعيا، وبعد أن **أزيل لُبُّه** cored-out أقحم في بقايا **بكتيرة** bacterium تعرف باسم **مايكوپلازما** Mycoplasma. وحينما بدأت البكتيرة الهجينة الناجمة عن ذلك بالتكاثر، تشكل **أول متعضٍ صنعي** the first artificial organism. وهذا يتحدى الفكرة القديمة الراسخة المبنية على أن بعث قبس الحياة لا يحدث إلا بقوة خاصة أو إرادة قاهرة.

لقد كان هذا أكبر تمثيل درامي لقدرة الاصطناع البيولوجي، وهو مجال حديث يَعِدُ بحل العديد من مشكلاتنا الأكثر إلحاحا. ويرغب الباحثون حاليا في صنع البكتيريا التي يمكن أن تهضم النفط والتلوث الكيميائي الناجم عن التسربات والتدفقات التي قد تحدث، أو يمكنها أن تنتج الهدروجين أو أنواع الوقود السائلة من نور الشمس، أو أن تقضي على الكولستيرول وغيره من المواد الخطيرة التي يمكنها أن تتجمع في أجسامنا.

وعلى الرغم من أن هذه التقانة لا زالت في المهد، إلا أنها تحتاج إلى مراقبة مبكرة، خوفا من أن يقوم أناس أشرار بتحضير بكتيريا ضارة، أو يُهْمِلُ الباحثون الجيدون قواعد السلامة، مما يؤدي إلى أخطار كبيرة تهدد صحتنا وبيئتنا. لقد اتسم عمل <ڤينتر> ومجموعته بالحذر، فقاموا بإجراء تغييرات جزيئية بسيطة ليضعوا **علامة مائية مميزة** watermark على ما يقومون باصطناعه، ومثل هذا الإجراء ينبغي أن يكون إجباريا، لتحديد هوية العالم أو الشركة المستخدمة لهذه التقانة في مجال الاصطناع البيولوجي. إن عملية إيضاح هذه المشكلات وعرضها، سوف تتطلب جهودا وطنية ودولية.

وقد يعتقد البعض أن تكوين بكتِيريا جديدة قد يؤدي بشكل ما إلى الحطِّ من قيمة الحياة وقدسيتها، ولكنني لا أعتقد أن هذا سيحدث. ففي نهاية المطاف، يُعدُّ هذا الأمر نصرا للمعرفة. ونحن نعزز القيمة التي نسبغها على الحياة عندما نفهم بشكل أفضل كيفية عملها.

المؤلف

*<كپلان> أستاذ «إيمانويل وروبرت هارت»* ***لعلم الأخلاق الحيوية*** *Bioethics في جامعة پنسلڤانيا.*

---

[تقانة المعلومات]

## عصر التخزين اللامحدود(**)

<E. فلتن>

تصور أنك تحمل جميع ما سجّله الجنس البشري من موسيقى في جيبك. إن هذا الأمر سيتحقق مع نهاية العقد الحالي، أما إذا كنت تريد أن تضع في جيبك تسجيلا لجميع ما أنتجه الإنسان من أفلام أو برامج تلفزيونية، فإن الأمر سيستغرق عدة سنوات أخرى. أو تصور أنك تريد أن تعمل تسجيلا صوتيا لجميع ما مَرَّ بك من أحداث طوال حياتك، من البداية إلى النهاية، فمثل هذا الأمر ممكن حاليا. أما التسجيل المصور فسيكون ممكنا في بضعة أعوام قادمة. فأجهزة تخزين البيانات مثل **السواقات الصلبة** hard drives أو **الذاكرة الومضية** flash memory، أصبحت فائقة الكثافة ورخيصة السعر؛ وستكون طاقة التخزين فيها غير محدودة. وحقبة التخزين اللامحدود سوف تبدأ عما قريب.

وبينما تهبط تكلفة الذاكرة أُسِّيًّا، فإن الآلات المتوفرة مثل الهواتف الخلوية تُستخدم أيضا لجمع البيانات. إذا أضفت إلى ما سبق **البرامج** software المستخدمة في الفهرسة وآلات البحث الجيدة، فإنك ستحصل على أرشيف لكل شيء رأيته أو فعلته؛ ثم أضف إلى ذلك أدوات تحليل البيانات ليتوفر لديك صورة جديدة عن حياتك.

لقد تغيرت الطريقة التي ننظر فيها إلى المعلومات أيضا. فبدلا من أن يكون علينا أن نقرر ما يجب أن نحتفظ به، صار بإمكاننا الاحتفاظ بكل شيء. وبدلا من أن نقرر ما يجب تدوينه، يمكننا أن ندوّن كل شيء.

لا لزوم لأن تعاني بعد الآن لكي تتذكر اسم مطعم تناولت فيه الطعام قبل ثلاثة أعوام خلت في مدينة كليڤلاند، إذ يمكنك استشارة أرشيفك المصور لتجده فورا. ويقوم بعض هواة ألعاب الحاسوب حاليا، بتسجيل جميع تفاصيل أحداث حياتهم، ويستخدمون برامج خاصة بالتحليل لتحديد موقع هذه الأحداث، مما يساعدهم على تحسين نظامهم الغذائي، ومراقبة نظم التدريبات الرياضية التي يؤدونها، أو تحديد الأشياء التي يمكن أن تؤثر في مزاجهم.

وسوف يشكل التخزين اللامحدود تهديدا لخصوصيتنا المفترضة. ففي

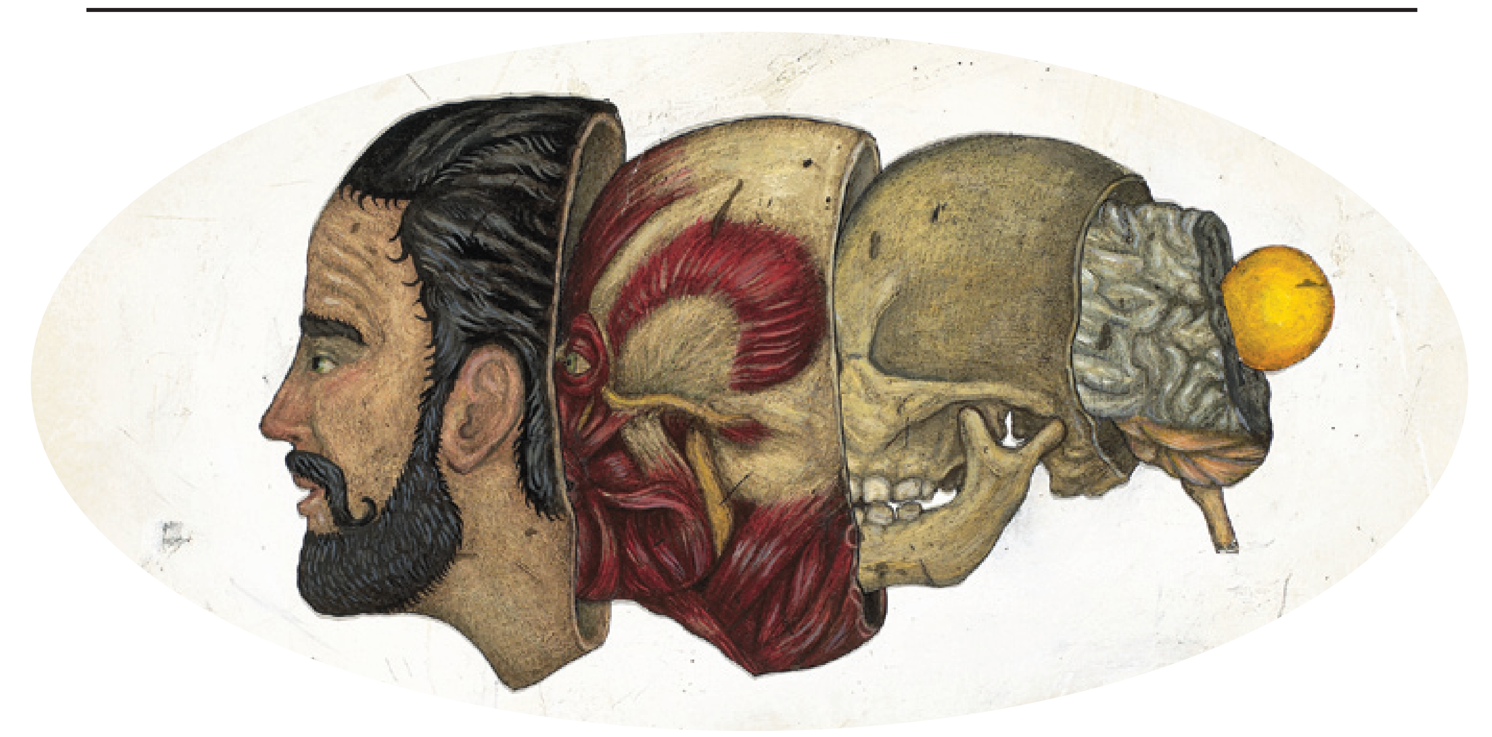
---

(*) LIFE DESIGNED TO ORDER
(**) THE ERA OF INFINITE STORAGE

كثير من الأوقات سوف يظهر في أحد الأمكنة ما دُوِّن في سجلات أناس آخرين. وكل خطوة خاطئة خطوتها أو عمل مخجل قمت به سيبقى معروفا إلى الأبد، إلا إذا اتخذت خطوات لشطبه. إننا بحاجة إلى رأي عام جديد أو حتى قوانين جديدة، للتحكم في تخزين المعلومات واستخدامها، وتبرز حاجتنا الماسة إلى ذلك منذ الآن.

المؤلف

*<فلتن> هو مدير مركز سياسات تقانة المعلومات في جامعة برنستون.*



[علم الأعصاب]

## تفسير سر الإدراك (الوعي)(*)

<C. كوخ>

لقد حيرت ثنائية العقل – الجسد أعظم مفكري البشرية منذ أيام الفيلسوفَيْن الإغريقيَّيْن أفلاطون وأرسطو، وكان الإنسان يتساءل دائما: كيف يمكن لقبضة من المادة داخل الجمجمة أن تولد الإدراك والوعي؟ وهل يتطلب الوعي شيئا غير جسداني، أي غير مادية؟ وهل بمقدورنا أن نخلق **كائنا صنعيا** golem ثم نزوده بالمشاعر والأحاسيس؟ لقد بقي المفكرون المبدعون لقرون عديدة يتفكرون ويتأملون في هذا الأمر في غياب الحقائق الملموسة. ولكن تلك الأيام ولّت ومضت. فالعلماء الآن يكشفون عن الأساس المادي للعقل الواعي، وفي الأعوام القادمة سيقومون تدريجيا بالكشف عن التفاصيل، ويكونون بذلك قد كشفوا الكثير مما كان موضوع نقاشاتٍ نظرية وفلسفية.

وتزودنا العديد من توجهات البحث حاليا بنتائج مقنعة. ويقوم أطباء الأعصاب بتصوير وظائف الدماغ وإجراء مخططات الدماغ الكهربائية (EEGs) لتحديد المدى الذي يمكن لمريض مصاب في دماغه، ولكنه يقظ ولا يحس بالدنيا من حوله، أن يتمتع بمشاعر أو بعقل حي. ويقوم العلماء بعزل الترابط **العصبوني** neuronal، وهي إشارات نوعية بين مجموعات منتقاة من العصبونات – والتي تعزز الإدراك الواعي للتنبيهات القادمة من الحواس، سواء كانت ناجمة عن مربعات صفراء صغيرة أو عن نجم سينمائي معروف. وتتضمن آخر تقنيات دراسة حالة الخبل (الجنون) في **علم الوراثة الضوئي** optogenetics أن يزرع الباحثون جينات تكوّد البروتينات الحساسة للضوء في عصبونات دماغ أحد الحيوانات، وبعد ذلك يقومون بإحداث ومضات من ضوء ملون لمدد قصيرة، لتشغيل الخلايا العصبية أو إغلاقها، وذلك إما بهدف تفحص الدماغ أثناء عمله أو التأثير فيه. ويمكن الآن لعلماء الأعصاب التنقل بين مجرد مراقبة الدماغ إلى التدخل في شريط معلوماته المرهف.

ينجم عن هذه الدراسات حاليا نظريات جديدة حول موضوع الإدراك، وذلك بناء على علم المعلوماتية والرياضيات، التي يمكنها أن تصف الخواص التي ينبغي أن يتمتع بها نظام فيزيائي (مثل شبكة من العصبونات)

(*) AN ANSWER TO THE RIDDLE OF CONSCIOUSNESS

لِيُعدَّ نظاما واعيا، ومثل هذه النظريات ستزودنا بإجابات كمية عن أسئلة طالما عجزنا عن الإجابة عنها، ومن أمثلتها: هل بمقدور المريض المتعرض للمخاطر الشديدة أن يكون واعيا؟ ومتى يصبح الطفــل الوليد مــدركا؟ وهل يمكن أن يكون الجنين في جميع مراحله واعيا؟ وهل يــدرك الكلب ما يدور حوله، مثله مثل كائن قادر على التفكير؟ ماذا عن الإنترنــت (الشــبكة العنكبوتية) وما يتصل بها من بلايين الحواســيب؟ إن مجتمعنا سوف يحصل على الإجابات مــن هذه الأســئلة عما قريــب، وهذا سيشكل خدمة كبيرة.

المؤلف

<كوخ> هو أستاذ علم الحياة المعرفي والسلوكي في معهد كاليفورنيا للتقانة.

---

[طاقة]

## مآل النفط إلى زوال(*)

<M. ويبر>D. - > كامن>

لقد ظل النفط عماد قطاع النقل لما يزيد على قرن من الزمن. ومن المحتمل أن تنتهي هذه السيطرة عما قريب نظرا لتضافر عدد من القوى والمؤثرات. فمن ناحية، هناك العديد من الرســوبيات النفطية الجديــدة المتوافرة في أماكن يــزداد الوصولُ إليهــا صعوبةً. ومن ناحية أخرى، فإن التشريعات البيئية تزداد صرامة، ويمكن أن تزداد أكثر من ذلك بعــد الآثار التي تركتها بقعة النفط التي تسببت فيها شركة بريتش پترولويــوم BP في خليج المكســيك. إضافة إلى ذلك، فإن السيارات التي تعمل بالكهربــاء قادمة تدريجيا. وقد قرر الكونغــرس الأمريكي أن يعتمد خُمــس الوقود الســائل المســتخدم للنقــل علــى الوقود الحيــوي وليس علــى النفط، وعلــى أن يبدأ نفاذ هذا القرار بحلــول عام 2022. وتؤكد هذه العناصــر على أن حــدة الطلب على الگازولين (البنزين) ســوف تزداد (أو أنها ازدادت بالفعل)، وســوف يعقب ذلــك بعد فترة قصيرة قلة الطلب على **زيــت النفــط الخام الخفيــف القليل المحتــوى مــن الكبريــت** light sweet crude oil.

إن التحــول إلــى أنــواع الوقود الأخرى قد أصبح قريبا. ولكن لا ندري إن كانت انعكاســاته على اقتصادنا وبيئتنا ســتكون جيدة أم سيئة، إلا أن الأمر في النهاية يعتمد على القرارات التي نأخذها اليوم. وليس من المســلّم به أننا سنســتخدم أنواع وقود بديلة تكــون أفضل مــن الگازولين، ذلك أن لدينــا الآن العديد مــن البدائل الأقل تكلفة والتي لم تثبــت أفضليتها على الگازولــين. ويمكن لأنواع وقود صلبة مثل **الطفــل النفطي** oil shale، و**رمال القار** tar sands، والسوائل المستخرجة من الفحم أن تملأ الفراغ، ولكنها يمكن أن تزيد من الأضــرار البيئية. وهناك إغراءات كثيرة لاستخدام هذه الأنواع من الوقود الصلب وهي إغراءات تقلل مــن الاهتمام بالنفط الخــام الخفيف القليل الكبريت، إضافة إلى أن تقانات تحويلهــا إلى الشــكل الســائل تقل تكلفتها مع مرور الزمن.

ولكن المشــكلة تكمن بالطبع في أن كل برميل من هذا الوقود السائل يحتاج **تكريره** refine أو تخليصه من الشوائب، إلى قدر من الطاقة أكبر مما نحتاج إليه لتكريــر برميل من النفط الخام الخفيف القليل الكبريت، وهذا يعني أن انبعاثات الكربون لكل وحدة طاقة نقوم بإنتاجها ســوف تزداد، مــا لم نســتخدم نُظُماً لانتزاع الكربون من الغــازات المنطلقة على نطاق واســع. ونظــرا لأن تقنيات التعدين والإنتاج تختلف بشكل جذري عــن مثيلاتها المســتخدمة في معالجة البترول، فإن مساحات من الأرض والماء يمكن أن تتأثر بيئيا.

ويمكننا أن نتخيل ســيناريو أكثر تفــاؤلا، تقوم فيــه الكهربــاء والغاز الطبيعي والوقــود الحيوي من الجيل القــادم وغيرها من مصــادر الطاقة النظيفة نســبيا، إضافة إلى تحســن اقتصادات الوقود، بالتقليل التدريجي للقيمة الاســتراتيجية للخام الخفيف القليل الكبريــت. إلا أن الوصول إلى هذا المســتقبل الأكثر إشراقا، يتطلب أن نحســن إدارة الفتــرة الانتقالية. ويمكن تحقيق ذلك بإقرار مجموعة من سياســات الطاقة التي تساعدنا على بــزوغ نظام طاقة أنظــف وأكثر أمانا ومرونة وأقل تكلفة.

وإذا تمكنــا مــن تشــريع هــذه السياسات، فإن أحفادنا سوف يطلون من ســياراتهم الهادئــة والنظيفة التي تعمل بوقود محلي ويضحكون من فكرة أن الأمم قــد خاضــت بالفعــل حروبا ضد بعضها بهدف الســيطــرة على مكامــن النفــط الــذي لا فائدة منه.

المؤلفان

<**ويبر**> هو مدير مشارك للمركز الدولي للطاقة والسياسات البيئية في جامعة تكساس بمدينة أوستن. أما <**كامن**> فهو المدير المؤسس لمختبر الطاقة المتجددة والملائمة في جامعة كاليفورنيا بمدينة بيركلي.

(*) THE OBSOLESCENCE OF OIL

[سياسة]

## طاقة لا تؤذي صحتنا(*)

<ل. وولزي>

قد يكون عصر سيطرة النفط على وسائل النقل في طريقه إلى الزوال، ولكن هذه النهاية ستأتي ببطء وفق المعدلات الحالية. وفي هذه الأثناء سوف يستمر استهلاكنا للنفط مسببا تخريبا للبيئة وخلق مشكلات استراتيجية واقتصادية هائلة. وكان يمكن للولايات المتحدة الأمريكية أن تبدأ التحول بسرعة أكبر وبمشكلات أقل من خلال: تحسين أداء آلات الاحتراق الداخلي، وتشجيع استخدام المركبات الكهربائية، إضافة إلى استخدام الغاز الطبيعي في وسائل النقل البحرية وعربات النقل العابرة للولايات، وكذلك فتح المجال أمام الوقود الحيوي مثل الإيثانول والميثانول للتنافس في سوق الوقود، إضافة إلى دعم الأبحاث الهادفة إلى إنتاج أنواع وقود حيوي جديدة مستخرجة من الفضلات والطحالب.

وتحتاج مثل هذه الخطوات الجريئة إلى إرادة سياسية يفتقر إليها أصحاب القرار في واشنطن، ولكن هذا الأمر قد يتغير إذا أخذ قادة الأمة بالحسبان المكاسب الصحية التي ستنجم عن العزوف عن استخدام النفط، والتي تتمثل بتقليل عدد الإصابات بالسرطان وأمراض البدانة (السمنة).

ويتخذ الأذى الذي يسببه استخدام النفط على صحة المواطنين أشكالا عدة، ذلك أن النظم النافذة في قانون نقاء الهواء تسمح باستخدام **مُسَرْطِنات** carcinogens معروفة تسمى المواد الأروماتية، مثل البنزول والتلوين والزايلين، بهدف رفع رقم الأوكتان في البنزين، وذلك وفق <C. بويدن جراي> [وهو مبعوث خاص سابق لشركة **الطاقة الأوراسية** Eurasian Energy] وكذلك <A. فاركو> [المحامي في واشنطن العاصمة .D.C]. ويستنتج هذان الخبيران أن التكلفة المضافة المتعلقة بالرعاية الصحية والموت المبكر في الولايات المتحدة تتجاوز 100 بليون دولار سنويا.

إن التوجه نحو استخدام الوقود الحيوي يجعل صحتنا في وضع أفضل أيضا. ولكن النقد الذي يوجه إلى ذلك هو أن استخدامنا للمحاصيل الزراعية لإنتاج الوقود سوف يكون على حساب استخدامها للغذاء، ولكن 95 في المئة من الذرة المزروعة تستهلك علفا للحيوانات، وليس غذاء للبشر. إن إطعام الماشية المكوِّن النشوي للذرة، يزيد من محتوى الدهون في لحومها، ويفترض في هذا اللحم أن يكون أطيب مذاقا، لكن هذه الدهون تتسبب في رفع نسبة الكوليسترول في دم البشر.

إضافة إلى ذلك، فإن نشاء الذرة يعد غذاء غير طبيعي بالنسبة إلى الماشية؛ حيث يسبب سوء الهضم الذي يمكن أن يؤدي إلى المرض، مما يدفع إلى استخدام كميات أكبر من المضادات الحيوية في علاج هذه الأمراض. وفي بعض الأحيان يمكن لهذه الممارسة أن تؤدي إلى تكون أنواع من البكتيريا مقاومة للأدوية، الأمر الذي يؤدي إلى التقليل من تأثير الدواء في الأمراض المعدية التي تصيب الإنسان. وبدلا من ذلك، يمكننا إنتاج الوقود الحيوي من نشاء الذرة. وفي الوقت نفسه يمكن استخدام بروتين الذرة في غذاء الحيوان، دون أن يتسبب ذلك في آثار صحية سلبية.

ومن ناحية أخرى، فإن إغراق السوق بنشاء الذرة، بدلا من استخدامه في إنتاج الوقود الحيوي، يقلل من سعر سكر الفاكهة (الفراكتوز)، وهذا بدوره يخفض سعر إنتاج **الغذاء الغث** junk food والذي من شأنه أن يؤدي إلى وباء السمنة، وبخاصة بين الأطفال.

إن استخدام النفط لا يتسبب فقط في مشكلات استراتيجية وبيئية ولكن يزيد أيضا من احتمال إصابتنا بمرض السرطان، ويساعد أيضا على زيادة الإصابة بانسداد الشرايين، وكذلك الإصابة بالأمراض المعدية ومرض السكري لدى الأطفال. ولنا الآن أن نتساءل، ماذا يمكن للنفط أن يفعل بنا أكثر من ذلك؟

المؤلف

*<وولزي>، هو رئيس «الشركة» Woolsey Partners ومدير سابق لوكالة الاستخبارات المركزية (CIA).*

---

[تطور]

## نافذة جديدة على أصول البشر(**)

<ا. أيلّو>

منذ فترة طويلة، اعتمد علماء تطور البشر على دراسة **العظام المستحاثية (الأحفورية)** fossilized bones وعلى ما تبقى من حضارات البشر القديمة، وكذلك على علم الحياة والسلوك الخاص بالبشر والقردة الأحياء، وذلك في جهودهم الرامية إلى إعادة تشكيل الماضي. إن تسلسل هذا الماضي متمثلا **بجينوم** genome أقرب أقربائنا وهو **إنسان نياندرثال** Neandertal، يفتح نافذة جديدة مهمة على تاريخنا الجمعي البعيد.

واعتمادا على جينومات كل من النياندرثال والإنسان، يمكن للعلماء الآن ليس فقط دراسة المظاهر الفيزيائية الخارجية للتغير التطوري الذي كتب في

(*) ENERGY THAT DOES NOT HARM OUR HEALTH
(**) A NEW WINDOW ON HUMAN ORIGINS

العظام والحجارة، ولكن أيضا دراسة المعلومات الوراثية الحقيقية التي **تكود** encodes هذه السمات. ومن خلال هذا العمل يمكننا أن نتعرف المستوى الجيني (الوراثي) بالضبط، الذي يميزنا عن سائر المخلوقات الأخرى، وكيف ومتى نشأت هذه العلامات المميزة. إن مثل هذا **التبصر** insight سوف يزودنا بالمعلومات المفصلة عن تطور نوعنا، بشكل يفوق جميع ما حلم به **علماء الإنسان القديم**[1] paleoanthropologists قبل سنوات قليلة مضت، وذلك قبل أن يتمكن علماء الوراثة من تطوير تقانة بناء جينوم إنسان من عصور سحيقة.

وبمقارنة التسلسل في إنسان النياندرثال بتسلسلات البشر هذه الأيام، وجد فريق <C. پآبو> [في معهد ماكس پلانك لعلم الآثار التطوري بمدينة لايبزگ في ألمانيا] 200 منطقة (موقع) في جينوم الإنسان المعاصر قد تعرضت لتطور **تكيفي** adaptive وذلك منذ أن انفصلت المجموعتان إحداهما عن الأخرى. إن **قطع الدنا** DNA segments هذه والتي تتضمن جينات أسهمت في الأيض وكذلك في تطور الجمجمة وفي التطور المعرفي – تمسك بمفتاح العوامل التي تجعل البشر الحديثين فريدين. إن علماء الوراثة لا يعرفون حتى الآن كيف أثرت التغيرات الحديثة في قيام مناطق الجينوم هذه بأداء دورها، ولكن الأمر لا يحتاج إلا إلى بعض الوقت، قبل أن يكشف العلماء هذه العلاقات.

وتقع أبحاثي في مجال **الأيض** metabolism و**التنظيم الحراري** thermoregulation، وهو من المجالات التي تستفيد من هذا المصدر الحديث للبيانات. فإنسان نياندرثال عاش في ظروف متجمدة في العصر الجليدي لأوروبا، وقد تساءل الكثيرون منا عما إذا كان التكيف الفسيولوجي قد مكّنهم من الإحساس بالدفء دون الحاجة إلى ارتداء ثياب مناسبة. وعندما يتمكن العلماء من تحديد التركيب الوراثي للتنظيم الحراري، فسوف نتمكن من البحث عن دليل على مثل هذه التكيفات. وإن النظرية المقدمة من العديد من علماء الآثار هي أن البشر الحديثين يتفوقون على إنسان النياندرثال جزئيا لأن أجسامهم قد تشكلت على نحو أكثر كفاءة فيما يتعلق باستخدام طاقة الطعام – وهذه ميزة عندما تكون الموارد غير مضمونة أو يصعب الوصول إليها. ويوفر جينوم النياندرثال وسائل مبتكرة لاختبار هذه الفرضيات، ويمكنه كذلك أن يساعد على فهم السبب في أن الإنسان الحالي يتمتع بهيكل عظمي أرقى ورأس له شكل مختلف عما هو الحال في إنسان النياندرثال، وهل نحن حقا أكثر تقدما في مجال المعرفة عما كان عليه أقرباؤنا أصحاب الأدمغة الكبيرة، وذلك حسبما يجادل فيه بعض الباحثين.

وقد نحصل على معلومات أخرى من جينومات أصناف بشرية منقرضة. ويقوم فريق <پآبو> حاليا بدراسة ترتيب دنا حصل عليه من عظم إصبع يعود إلى ما قبل 30 000 إلى 50 000 عام، في كهف دينيزڤا في جبال الطاي في سيبيريا، والذي يمكن أن يمثل صنفا جديدا. ويشير هذا أيضا إلى حدوث هجرات أخرى للإنسان القديم إلى يوراسيا من إفريقيا أكثر مما كان يظن سابقا. ومع انضمام مجموعات بحث جديدة إلى جهودها لتعرف تسلسل وتحليل دنا الإنسان القديم، فإن علم الوراثة القديم سوف يستمر دون شك بتشكيل فهمنا **للملحمة (الأوديسة) البشرية**[2] human odyssey لعقود قادمة.

المؤلف

*<أيلو>، هي رئيس مؤسسة وينر گرين Wenner Gren للأبحاث الأحفورية في مدينة نيويورك.*

---

[علم الجينومات]

## دواء يمكن أن أقول إنه لي(*)

<G. شيرش>

منذ عام 2003، حينما أُعلن رسميا الانتهاء من مشروع الجينوم البشري بتكلفة بلغت ثلاثة بلايين دولار، وهبطت تكلفة تسلسل الجينوم البشري إلى بضعة ملايين. وأصبحت كذلك تقانة **الجينات** genes وهندستها والتحكم فيها في متناول اليد. ونتيجة لذلك، فإن علم الحياة يشهد الآن انفجارات لأنشطة تلقائية ومتتابعة، وهذا يذكرنا بما قام به في أوائل ثمانينات القرن الماضي بعض المثابرين المجتهدين nerds الذين علّموا أنفسهم بأنفسهم وبذلوا جهودا جبارة لينقلونا إلى عصر الحاسوب الشخصي.

ومع استمرار **دَمَقْرَطة** democratization التقانة الحيوية، فإن العلاج الواحد الذي رأيناه يصلح لجميع المرضى في المئة عام المنصرمة سوف ينجم عنه علاج لكل مريض. وسوف يصف الأطباء برنامج وقاية خاص بكل فرد، ويقومون بإجراء تشخيص شامل وفق جينات وبكتيريا و**مثيرات حساسية** allergens و**فطور** fungi وڤيروسات، ونظام مناعة كل مريض. وكما أن سكان القرى النائية بإمكانهم الآن التعامل مع قوة وتعقد الإنترنت، فإنهم سيكونون أيضا قادرين على إيجاد حلول للرعاية الصحية تناسب

(*) MEDICINE I CAN CALL MY OWN

(١) أو علماء الإناسة.

(٢) الأوديسة Odyssey: قصيدة ملحمية تنسب إلى الشاعر اليوناني <هوميروس>، وهي تتحدث عن رحلة البطل اليوناني <أوديسيوس> الطويلة بعد سقوط طروادة.

عاداتهم وجغرافيتهم وكل فرد منهم. إن دراسة التوافقات بين الجينات وعوامل البيئة يمكن أن تقود إلى تغييرات في النظام الغذائي والأدوية والسلوك مما يساعدنا على زيادة عدد السنوات التي نعيشها بصحة جيدة.

وفي المستقبل القريب، سوف ينشأ **نظام بيئي** ecosystem معقد يجمع بين العاملين في مجال الرعاية الصحية ومنتجي **البرمجيات** software يساعد الأطباء على معالجة كل مريض كشخص قائم بذاته. إن **خلايا الجذعية** stem cells سوف تُشَكَّل لاستخدامها في علاجات خاصة. وسوف تتم سَلْسَلة جينومك كل عام أو نحوه، بهدف كشف نشوء خلايا سرطانية، أو **خلايا مناعة ذاتية** autoimmune cells أو حدوث التهابات، أو غير ذلك. كما أن الطبيب سيتمكن من التنبؤ بأنسب العلاجات التي يمكن أن تؤدي إلى أفضل النتائج إذا ما ظهر مرض ما. وهكذا، فإنك لن تكتفي بمعرفة بيولوجيا جسمك بل ستتمكن من تشكيلها، وهذا سيكون جزءا من حياتك.

المؤلف

*<تشيرش>، مدير مركز في علم الوراثة الحوسبي* Computational Genetics *في كلية الطب بجامعة هارڤارد.*

---

[زراعة]

## ثورة الزراعة القادمة(*)

<ل. ريگانولد>

مع حلول منتصف القرن الحالي، من المتوقع أن يصل عدد سكان العالم إلى تسعة بلايين نسمة، ويرى بعض الخبراء، أن أسلوب الزراعة التقليدي هو القادر على إنتاج ما يكفي من الطعام لكل فرد. ولكن اختيار هذا الطريق سوف يتسبب في دمار هائل للبيئة. ومن حسن الحظ أننا نمتلك خيارات أخرى، فبالتحول من ممارسات تكثيف الإنتاج بالاعتماد على **الموارد المتاحة** resource-intensive، إلى تكثيف الإنتاج بالاعتماد على **المعرفة** knowledge- intensive يمكننا وضع نهاية **للزراعة غير المستدامة** unsustainable، إضافة إلى حصولنا على طعام صحي وبيئة صحية للجميع.

ويمكن للزراعة التقليدية أن تتسبب في **حَتِّ** التربة erode **وتعريتها** degrade. وتتطلب حاجتها إلى الأسمدة المصنعة كما هائلا من الطاقة لإنتاجها، وهذا ما يتسبب غالبا في تلويث الجداول والأنهار والبحيرات والمحيطات، في حين تزيد حاجتنا إلى استخدام المبيدات **الحشرية** pesticides في هذا النوع من الزراعة، من المخاطر الصحية لعمال الزراعة. ومن ناحية أخرى، فإن تقنيات **الزراعة العضوية** organic farming سواء طبقت في مزارع مؤهلة ومرخصة لذلك، أو ضمن أنواع الزراعة التقليدية، يمكنها أن تنفي الحاجة إلى المواد الكيميائية أو تقللها، وعلى سبيل المثال، فإن زراعة **الحبوب** grains أو **البقول** legumes على التعاقب، تساعد على الحفاظ على النتروجين في التربة، مما يقلل الحاجة إلى استخدام الأسمدة، وهذا ما تفعله أيضا إضافة محصول ثالث أو رابع إلى الدورة الزراعية، وترك مزيد من بقايا النباتات في التربة بعد الحصاد، إضافة إلى إمكانية زراعة الأرض بالأعشاب وتحويلها إلى مراع. ونحتاج في الولايات المتحدة إلى رصدً معونات حكومية للمزارع الفدرالية – وهي المعونات التي تستخدم حاليا لمكافأة المزارعين لزراعة الحبوب والقطن وفول الصويا والقمح والأرز – وهذا كله بهدف زيادة دورات المحاصيل.

ومن أجل الحفاظ على خصوبة التربة وتقليل تآكلها وتعريتها، يمكن للعديد من المزارعين استخدام أسلوب **الزراعة من دون حراثة**(1) no-till-farming، والتي تُجْرى فيها عملية الزراعة من دون حراثة الأرض أو تجريفها. وأخيرا، نودُّ أن نقلل الفاقد من الناتج الزراعي، ذلك أننا نُبَدِّدُ ما بين 30 إلى 40 في المئة من الطعام، وهذا ينطبق على الدول النامية (التي تفقد هذه النسبة أثناء عمليات النقل بسبب سوء الطرق المستخدمة ونظم التخزين)، كما ينطبق على الدول الغنية، حيث تفقد هذه الكميات نتيجة التخلص منها بسبب عيب بسيط حلّ بها، أو كونها من بقايا طعامنا، أو أن فترة صلاحية استخدامها قد انتهت، حتى ولو كانت جيدة تماما.

فبإحداث هذه التغييرات لا يزال بمقدورنا أن نزود كل فرد يوميا بطعام صحي يحتوي على 2 350 سُعْرَة حرارية – وهذا هو الكم الذي توصي به منظمة الأمم المتحدة للزراعة والغذاء. ولتحقيق النجاح، لا بد لنا من أن نركز اهتماما عالميا على الغذاء والنظام البيئي وأن نقوم بإجراء المزيد من الأبحاث. وسوف نحتاج بطبيعة الحال كذلك إلى إرادة سياسية تفتح الباب لقيام هذه الثورة الزراعية.

المؤلف

*<ريگانولد>، أستاذ ريجنتز في علم التربة بجامعة ولاية واشنطن.*

(*) THE NEXT REVOLUTION IN FARMING

(١) انظر: «*لا للحراثة: الثورة الهادئة*»، **العلوم**، العددان 2/1 (2009)، ص 40.

# منشأ عنيف للقارات(*)

## هل أدّت ضربات الكويكبات للأرض أثناء مراحل تشكّلها المبكرة، إلى توليد الأجزاء القديمة جدا من القارات الحالية؟

<S. سيمپسون>

### مفاهيم مفتاحية

- زلزلت تصادمات الكويكبات الكرة الأرضية أثناء تاريخها المبكر أكثر بكثير ممّا كان يعتقد من قبل.
- تكشف أدلة جديدة عن حدوث تسع ضربات رئيسية بين 3.8 إلى 2.5 بليون سنة - وهي الفترة الزمنية التي تَم فيها تشكيل أول قارات كوكب الأرض.
- وتشير فرضية جديدة جريئة إلى أنّ هذه الصخور الفضائية المؤذية لم تكن هدّامة تماما؛ فقد تكون قد آذنت بنشوء القارات.

*محررو ساينتفيك أمريكان*

(*) VIOLENT ORIGINS OF CONTINENTS



غطت الصُّهارة (الماگما) **magma** المتحرّكة والمتوهجة مع الغازات الحارة الكرة الأرضية في أعقاب تشكلها قبل نحو 4.6 بليون سنة. في نهاية المطاف، تبرّدت مناطق من هذا البحر الملتهب بشكل كاف لتشكيل قشرة على سطح الأرض تاركة صخور كوكب الأرض الصلدة الأولى عائمة مثلما يعوم الخَبَثُ على السائل الحار. ولكن هذه الصخور لم تكن أكثر من مجرد قشرة رقيقة. ولذلك، فإنّ تشكّل جذور الأرض اليابسة السميكة استغرق مدة زمنية أطول بكثير.

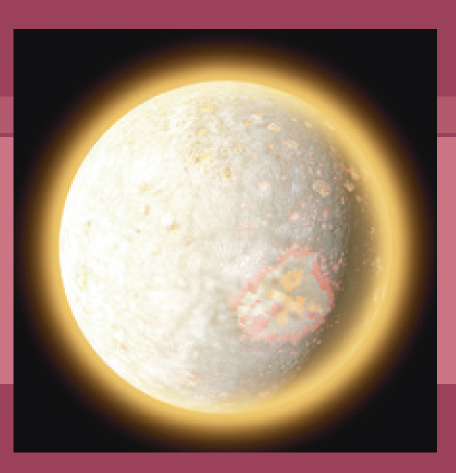
ولكن كيف نشأت وتنامت القارات بالضبط وما هي السرعة التي تمت بها، هو موضوع نقاش مستمر. إنّ المعرفة العلمية التي بحوزتنا منذ فترة طويلة تعتبر أن آلية العمل الداخلية للأرض وحدها هي التي قادت إلى تشكيل القارات. ولكن النتائج الأخيرة حولت الانتباه إلى فكرة واحدة غير مألوفة وهي: إن تصادمات الكويكبات الكبيرة

# قارات تتشكل(*)

ماقبل 4.6 بليون سنة

**محيط متوهج من الصهارة**

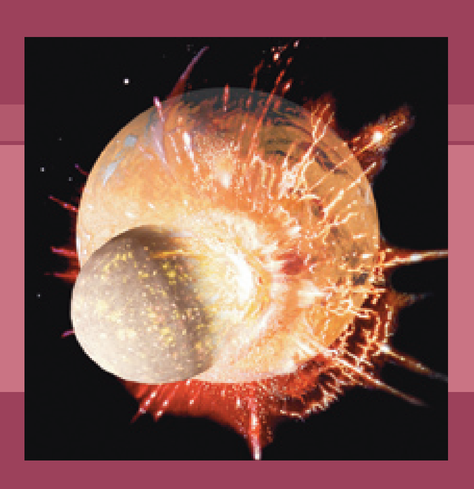
في وقت تتكثّف الكرة الأرضية من البقايا الدوامة ضمن السديم الشمسي، فإنها تصبح كرة مضطربة من الصهارة (الماكما)، إضافة إلى غازات مؤججة.



ما قبل 4.5 بليون سنة

**قصف شديد**

تتصلب الكرة الأرضية أثناء فقدانها الحرارة. ولكن ضربها بكويكبات ضخمة، أحدها ربما بحجم كوكب المريخ، قد يدمّر تقريبا كل القشرة المتولدة.



بالأرض هي التي أدت دورا بناء أيضا.

وكان الافتراض الأساسي هو أن قصف الأرض بالكويكبات - الذي تكرّر كثيرا أثناء المراحل الأولى من تشكل الأرض - قد اختفى قبل نحو 3.8 بليون سنة. وبحلول ذلك الوقت، بُرِّدت الأرض بما يكفي لجعل المحيطات الوليدة ملائمة لحياة الكائنات الميكروية (المجهرية). أما التصادمات الكبيرة منذ ذلك الوقت، فقد اعتبرت نادرة ومدمرة تماما. (فكرة انقراض الدينوصورات).

في الآونة الأخيرة، مع ذلك، فإن العلماء اضطروا إلى دراسة اكتشاف سلسلة من الضربات الضخمة غير المتوقعة قبل نحو 3.8 بليون إلى 2.5 بليون سنة، وهي فترة زمنية مبكرة من مراحل تشكل الأرض المبكرة تُعرف **بالدهر القديم (الآركي)** Archean eon. إنّ صفة تهديم الكويكبات للقشرة الأرضية تبدو مخالفة للسمة المميزة للدهر القديم: فقد كان هذا الدهر يمثّل الفترة الأكثر إنتاجا لتشكيل القارات في كل التاريخ الجيولوجي للأرض. ووفق بعض التقديرات، فإنّ نسبة 65% من القشرة القارية الحالية تشكّلت أثناء تلك الفترة الزمنية.

ولحل هذا الغموض الظاهري، يحاول الجيولوجيون دراسة سجل الصخور القديمة بحثا عن أدلة تؤدي إلى الكيفية التي شكّلت بها هذه التصادمات الهائلة شكل كوكب الأرض. وأحد هؤلاء الجيولوجيين <A. Y.> گليكسون [الأستاذ في الجامعة الوطنية الأسترالية بكانبيرا] كان قد اقتنع بعد 40 سنة من العمل الميداني أنّ التصادمات من خارج الكرة الأرضية ساعدت بالفعل على تشكل القارات الأولى في الأرض، التي تتضمّن بقايا بعضها والمحفوظة الآن في أواسط جنوب إفريقيا وأستراليا الغربية.

ويعتبر الكثير من العلماء أنّ ادعاء <گليكسون> ما هو إلاّ فكرة غير مؤكدة، بحجة أن الأدلة المباشرة على ما كان يحدث على الكرة الأرضية القديمة نادرة جدا ومثيرة للجدل. ومع ذلك، تزوّد المحاكاة الحاسوبية لتأثيرات التصادمات الكبيرة المحتملة بعض الدعم المثير لفرضيته. وقد يكون من المبكر تفحّص النظرة الكلاسيكية لتطور القارات المبكر، إلا أنّه حتى المتشككين يتفقون على أن الوقت قد حان لتدارس نتائج هذه القوى المحتملة القوية القادمة من الفضاء.

(*) Continents Shape Up



قبل 3.2 بليون سنة

**تمكين الكتل القارية**

أدى الانصهار الجزئي وتراكم شظايا القشرة القديمة إلى إنتاج أول قارة حقيقية. وما زالت التصادمات الكبيرة تحدث، ولكن بوتيرة أقل.



قبل 1.1 بليون سنة

**أول قارة كبيرة**

دَمَجَ التصادمُ بين شظايا القشرة الكتل القارية الفتية لتظهر أول قارة كبيرة معروفة جيدا، رودينيا.



## اليابسة، انتبه![*]

أمضى العلماء عقودا من الزمن للكشف عن منشأ القارات قبل التركيز على التأثير المحتمل لتصادمات الكويكبات أثناء الدهر القديم. فهذه الجهود كانت صعبة دائما لأنّ نشوءَ قارة عمليةٌ معقدة؛ فهو يتطلب تشكيل صفيحة (**بلاطة** slab) من قشرة سميكة جدا وعائمة لا يمكنها أن تغوص أو تنغرز ثانية في باطن الأرض الحار. وهذه الخاصية هي التي تجعل القارات الحالية تختلف كثيرا عن القشرة الأرضية تحت المحيطات. فالقشرة المحيطية الرقيقة نسبيا والكثيفة (الثقيلة) الغنية بالحديد، تنغرز بسهولة، فقد انغرز معظمها أثناء 200 مليون سنة على الأقل من تشكلها. أمّا القشرة القارية، من جهة أخرى، فهي مكوّنة من صخور أقل كثافة (أخف) مثل صخر الگرانيت الذي احتفظ ببعض الشظايا القديمة عائمة، كما تعوم الجبال الجليدية في البحر، قبل ما يقرب من أربعة بلايين سنة.

تختلف قصة (تاريخ) نشوء القارة الأولى على الكرة الأرضية من كتاب تعليمي إلى آخر، ولكن رأيا شائعا فيها يكشف عن شيء من هذا القبيل: فأثناء فترات توقُّف قصيرة من القصف الكويكبي الشديد التي تلت ولادة كوكب الأرض، أدّت نزعة التبرّد الطبيعية للكرة الأرضية إلى إكساء سطحها بقشرة أرضية بصورة متكررة. وهذه القشرة لم تكن متصلة تماما، بل كانت تتألف من عدة عشرات من القطع التي كانت تنزلق فوق الصهارة (الماگما) الدائمة الاضطراب. وكالشمع الساخن الصاعد في **اللابة** lava المتوقدة، ارتفعت أعمدة من صخور الوشاح (الستار) الحارة، وبردت قليلا عندما تحركت على سطح الأرض، ثم غاصت – ساحبة معها بسهولة، الأجزاء الأصلية الكثيفة (الثقيلة) جدا من القشرة. وفي هذه الأثناء، كانت البراكين تقذف الغازات من باطن الأرض محدثة غلافا جويا بدائيا، وأمطارا متكثفة في السماء، مشكلة محيطات ضحلة فوق القشرة الصهارية (الماگمية) الرقيقة.

ومن ثَمّ يُكمل مجرى القصة، في أن نواة القارة قد تشكلت عندما صهرت الحرارةُ الناجمة عن عمود صاعد من الصهارة جزئيا قطعةً من قشرة الأرض الكثيفة (الثقيلة) قبل أن تغوص؛ ممّا سمح للمعادن الأخف، التي لها نقطة انصهار أكثر انخفاضا، بأن تنفصل عنها. وهذه الصهارة المنفصلة حديثا والأخف من الصخور المجاورة كانت تميل إلى أن ترتفع إلى الأعلى؛ وهذه الصخور الأخف عند تصلبها يصبح غوصها فيما

(*) Land, Ho!

**قبل ثلاثة بلايين سنة كان للكرة الأرضية قارتها الحقيقية: كومةٌ من الصخور الجرداء تنتشر عليها البراكين.**

**بكل وضوح، لم تُؤخذ التصادمات المبكرة أثناء الدهر القديم على كوكب الأرض على محمل الجد.**

بعد غير محتمل.

ودورات متكررة من الانصهار الجزئي مع فصل الصهارة الأكثر خفة أدت في النهاية إلى إنتاج صخر الگرانيت. من المستحيل تأريخ هذه العملية بدقة، إلا أن أثرا واحدا على الأقل قد بقي من 160 مليون سنة الأولى من عمر الأرض، ممثّلا ببلورات صغيرة من الزركون يعود عمرها إلى 4.4 بليون سنة انفصلت بعمليات التحات عن صخور الگرانيت البدائية وترسبت في وقت لاحق ضمن تكوينات صخرية رسوبية أحدث، فيما يعرف الآن بقارة أستراليا [انظر: «*هل كانت الأرض باردة في بداية تكوينها*»، **العلوم**، العدد 12 (2005)، ص 20].

ربما كانت آثار صخور الگرانيت المبكرة هذه تمثل مكونا ثانويا في الكتل الصخرية الأولى التي نمت سميكة بما يكفي لتبرز فوق المحيطات الأولية. وهي بالتأكيد مختلفة تماما عن القارات الحالية، التي تغطي 30% من سطح الكوكب بمتوسط سماكة بلغ 35 كيلومترا. وربما اكتسبت القارات الأولية المبكرة شكلها ببطء، مثلما تفعل الكتل القارية الحالية : فالتصادمات فيما بينها أدّت إلى دمج القشرة السميكة في كتل صخرية أكبر، وأثارت أعمدة الوشاح الحارة دفعات جديدة من الصهارة (الماگما) من الأعماق.

يتفق معظم الجيولوجيين أنّ القارة الأولى الحقيقية قد نشأت قبل ثلاثة بلايين سنة: قارة جرداء مؤلفة من تلال متناثرة من الصخور البركانية، وبكل تأكيد أصغر من قارة أستراليا الحالية. ومن الممكن أيضا أن النوى القديمة، أو **رواسخ** cratons أستراليا وإفريقيا الحاليتين، كانت تمثل جزءا من تلك القارة **الأصلية** original. إنّ راسخ پلبارا Pilbara في غرب أستراليا وراسخ كاپڤال Kaapvaal في أراضي جبال باربيرتون Barberton في جنوب إفريقيا ذات المناظر الخلابة «هما متماثلان من الناحية الجيولوجية بشكل لافت للنظر»، وهذا ما أشار إليه الجيولوجي <B. M. سيمنسون> [من كلية أوبرلين] الذي قضى شهورا في البحث عن تكشفات الصخور على منحدرات التلال الجافة والمغطاة بالأشجار في كلتا المنطقتين. «فهو يؤمن إيمانا قويا بأن راسخَيْ باربيرتون وپلبارا كانا قارة واحدة انفصلت إلى اثنتين.»

ولم يُعرف مكان موقع القارة الأولى على الكرة الأرضية، ولما كان باطن الأرض الحار يواصل هيجانه، فقد تجزأت تلك الكتلة القارية وتباعدت وتشكلت كتل أخرى، مما أدّى إلى تشكل سلسلة موثقة من تقسّم القارات واندماجها، قادت في نهاية المطاف إلى البنية الحالية.

## يعرف أين ينظر(*)

يفسّر تحرّك صفائح القشرة الأرضية بوضوح انتقال القارات مع الزمن من مراحلها المبكرة إلى مراحلها المتأخّرة. ولكن ما اتضح سابقا يسوده الكثير من الشكوك. وهذا ما جعل الجيولوجيين يبحثون في مظاهر الأرض القديمة في جنوب إفريقيا وأستراليا عن أدلة حول منشأ القارات. ومقارنة برواسخ القارات الحالية الأخرى، خضع «كاپڤال» و«پلبارا» لدرجة أقل من التحوّل أدت إلى بقاء معظم الأدلة المحفوظة حفظا جيدا تقريبا للقشرة الأرضية القديمة. وضمن هذه الرواسخ، تُشكّل **أحزمة الصخور الخضر** greenstone belts أهمية خاصة وهي تكوينات صخرية تشكلت ما بين 3.5 إلى 2.4 بليون سنة مضت، تماما كما تشكلت القارات الأولى (المبكرة).

ومنذ السبعينات من القرن الماضي، فسر معظم الجيولوجيين أحزمة الصخور الخضر على أنّها مماثلة لسلاسل من الجزر البركانية القديمة التي تنشأ على امتداد الحواف المتراكبة من صفائح القشرة الأرضية المتصادمة، وأصبحت

(*) Knowing Where to Look

# ضربات متكررة لقارة قديمة(*)

في التضاريس القديمة في جنوب إفريقيا وأستراليا الكثير من المعلومات حول أصل القارات. وبالفعل، يناقش بعض الجيولوجيين أنّ أجزاء من جبال باربيرتون في جنوب إفريقيا *(في الأعلى إلى اليسار)* ومنطقة پلبارا في شمال غرب أستراليا *(في الأسفل)* هي بقايا من الكتلة القارية الأصلية نفسها. وحتى الآن، اكتشف الجيولوجيون الذين يعملون في هذه المناطق بقايا 9 تصادمات كويكبية كبيرة على الأقل قبل نحو 3.5 بليون إلى 2.5 بليون سنة، يتألف كل منها من طبقة ما من طبقة ما يسمى بكريات التصادم *(في الأعلى إلى اليمين)*.





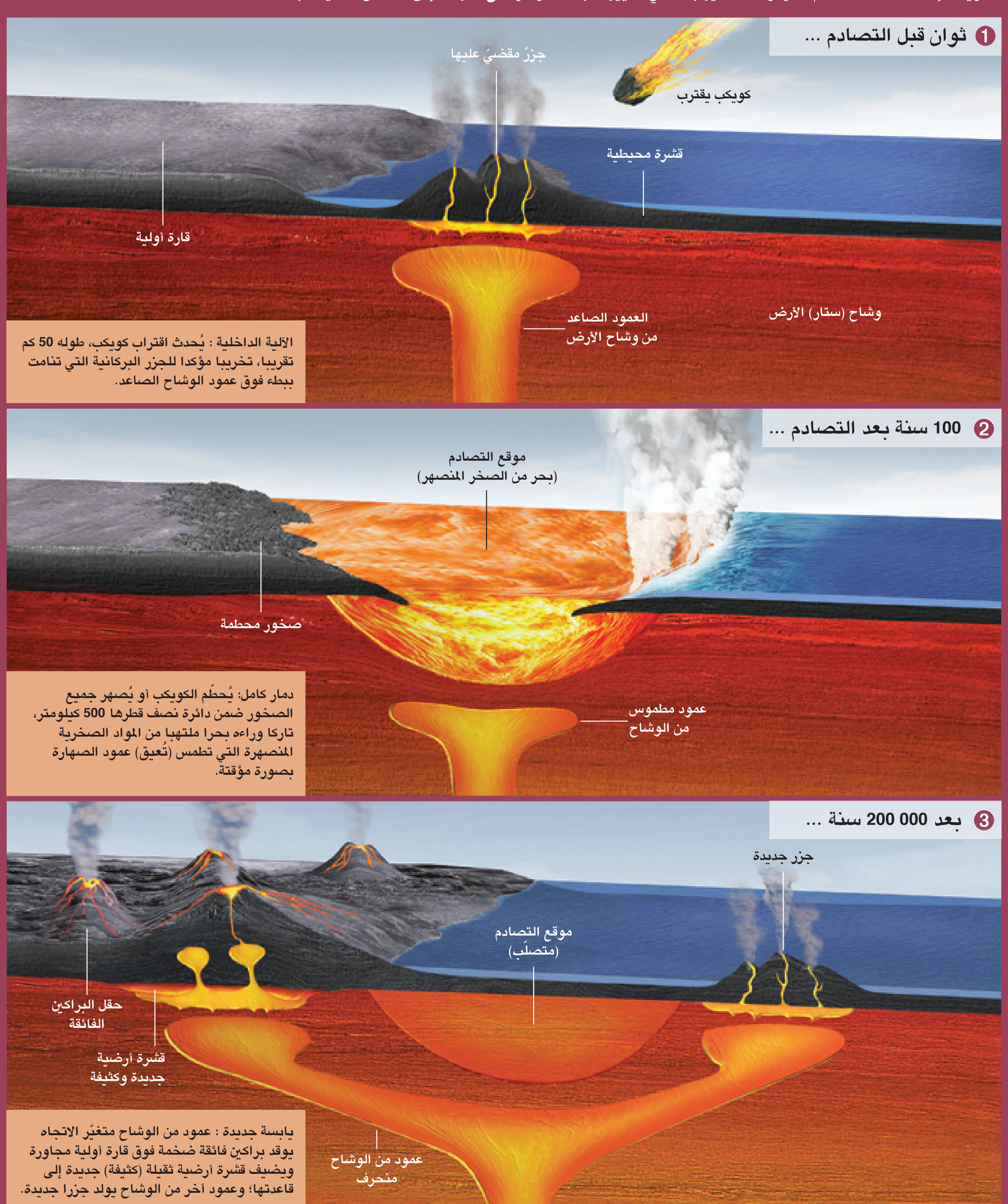
▲ كريات بحجم حبات الرمل تدعى كريات التصادم، تكثفت من سحابة من الصخر الحار المتبخّر، أحدثت أثناء تصادم الكويكبات مع الكرة الأرضية منذ 2.5 بليون سنة. لقد بعثرت الرياح أبخرة هذه الصخور في جميع أنحاء الكرة الأرضية، وعندما بردت، تكثفت على شكل قطيرات تصلبت وسقطت على الكرة الأرضية، وأصبحت محبوسة في طبقاتٍ على قاع البحار القديمة، وهي تتكشف الآن على سطح الأرض في شمال غرب أستراليا.



(*) Repeated Blows to an Ancient Continent

# كيف يمكن أن تنشأ اليابسة من الشواش chaos الكوني(*)

منذ بلايين السنين، أنتجت الآلية الداخلية للكرة الأرضية الكثير من القارات الجديدة فوق الأعمدة الصاعدة من وشاح الأرض كما هو الحال في الوقت الحاضر - صهرت المواد الساخنة والعائمة الصخور الموجودة فوقها جزئيا، وبذلك تأججت براكين هائلة أدت إلى تثخين قشرة الأرض (1). وتصادم كويكب ضخم ربما يعطّل هذه العملية مؤقتا (2). ولكن المحاكاة الحاسوبية تشير إلى أنه على المدى الطويل، فإن مثل هذا التصادم قد يكون له تأثير بنّاء في تغيير اتجاه عمود وشاح الأرض إلى المناطق المحيطة به (3).




(*) How Land Might Emerge from Cosmic Chaos

فيما بعد جزءا من كتلة اليابسة القارية. لقد استمر تصادم صفائح القشرة على مدى ملايين السنين، كما استمر غوص الصفيحة السفلى نحو أعماق باطن الأرض الحار، مشكلا خندقا عميقا يعرف باسم **منطقة الانغراز** subduction zone. ولما كانت الجزر تعلو الصفيحة المنغرزة المتجهة نحو الخندق، فإنّ هذه الأجزاء السميكة تُدفع على جانب كتلة اليابسة البارزة؛ بدلا من أن تُسحب نحو الأسفل مع قشرة الأرض التي تحملها، فهي تنفصل فورا إلى الأعلى. وبالطريقة نفسها دُفعت السييرا نيڤادا وغيرها من سلاسل جبال غرب الولايات المتحدة فوق غرب أمريكا الشمالية.

ومع ذلك، فقد لاحظ ‹گليكسون› أنّ النمط الحديث لنمو القارات لا يمكن أن يفسّر جميع المظاهرالجيولوجية التي تُرى في أحزمة الصخور الخضر. فعند دراسته بالتفصيل لأحزمة جنوب إفريقيا وأستراليا في السنوات الماضية، وجد أن الأجزاء الأقدم من هذه الأحزمة – تلك التي تتراوح أعمارها بين 3 و 3.5 بليون سنة – بدت جميعها أنها تراكمت شاقوليا من مواد نتجت من عمليات التحات وتوضعت في طبقات بين أجسام قببية الشكل مكونة من صهارة گرانيتية مندفعة من الأسفل. وهذه التشكيلات لم تبد أية علامات واضحة تشير إلى الانغراز (الغوص): أي إلى رواسب ومواد بركانية تراكمت أفقيا عند تصادم جزأين من القشرة الأرضية.

ليس مستغربا اندثار أدلة الانغراز (الغوص). فمعظم الباحثين يوافقون على أن تكتونية الصفائح ربما كانت أقل فعالية في الدهر القديم المبكر، إن كانت عاملة. وكان كوكب الأرض حينئذ أكثر سخونة، وكذلك كان حمل الصهارة الحراري، الشبيه بمصباح الحمم الذي يدفع حركة الصفائح، أقل نشاطا. ومع ذلك، ثمة شيء سريع، وفق ‹گليكسون›، يجب أن يكون قد تدخّل في تشكيل الأجزاء الأقدم من أحزمة الدهر القديم. إنّ أعمار الصخور المختلفة المحددة المتشكلة ضمنها تشير إلى أنّ الأجسام الگرانيتية الضخمة توضعت في أزمنة متتالية واضحة المعالم. فإذا لم يكن الانغراز هو القوة المحركة، فما هو الذي كان المحرّك؟

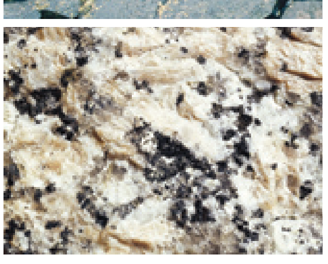
هذه الصعوبات قادت ‹گليكسون› إلى البحث عن تفسيرات جديدة عمّا شكل الكرة الأرضية أثناء الدهر القديم. كان يعلم أن أحد العوامل الذي تجاهله معظم الجيولوجيين هو التأثير المحتمل للتصادم مع الكويكبات والمذنبات. فالقصف الكويكبي قد بلغ ذروته قبل نحو 3.9 بليون سنة، ولكن دراسة حُفر التصادم على القمر تشير إلى أن تلك التصادمات الكبيرة استمرت حتى قبل نحو 3.2 بليون سنة. فهل من الممكن أن تكون هذه التصادمات المتأخرة قد شاركت في قصف الكرة الأرضية؟ إنّ الخطوة الأولى في الكشف عن ذلك تكمن في تحديد دليل جيد على مثل هذه الضربات على الكرة الأرضية. فهل يكون هذا الدليل قد دُمِّر، أو فشل الجيولوجيون في تعرّفه عندما كانوا يفتشون عنه ؟

## ضربات صلبة(*)

لقد أجاب عن السؤال الأخير اثنان من الجيولوجيين الأمريكيين في عام 1986. فأثناء رحلات أبحاثهم السنوية إلى حزام الصخور الخضر في جبال باربيرتون عثر ‹D .R. لوي› [من جامعة ستانفورد] و ‹G .R. بيرلي› [من جامعة ولاية لويزيانا] على طبقة رقيقة من الرواسب البحرية القديمة تحتوي على مئات من الخرز الجوفاء الشبيهة بالزجاج. لقد بدت هذه الكريات الصغيرة بحجم الرمال، بعد دراستها دراسة معمقة، مماثلة تقريبا لما يسمى بكريات التصادم التي أصبحت إلى حد ما من أقوى الأدلة على ضرب

(*) Solid Blows





**أمور حول كثافة: البازلت (*أعلى*) هو نوع الصخور الرئيسية التي تشكل أحواض المحيطات. والگرانيت أقل كثافة (*أسفل*) وهو مكون رئيس للقارات. وطفو الگرانيت يُبقي القارات عائمة بينما يغطس قاع المحيط بسهولة في باطن الأرض الساخن.**

الكرة الأرضية بكويكب قبل 65 مليون سنة، منهيا بذلك عهد الدينوصورات. وهكذا، أصبحت هذه الكريات التي عُثِر عليها في جبال باربيرتون، والذي يعود عمرها إلى 3.2 بليون سنة، إضافة إلى عمر طبقة أخرى من الكريات التي وجدت في راسخ پلبارا بأستراليا - الدليل الأول على ضربِ أجسامٍ فضائية كبيرة الكرةَ الأرضيةَ أثناء الدهر القديم.

ومن ثم تتابعت اكتشافات أخرى. فمع معرفة <لوي> و<بيرلي> أنّ طبقة الكريات الناجمة عن التصادم الذي أباد الدينوصورات وجدت في جميع أنحاء الكرة الأرضية، ربطا بسرعة بين طبقة جنوب إفريقيا والطبقة الأسترالية التي يعود عمرها إلى 3.5 بليون سنة والتي وجداها في جبال باربيرتون. واكتشفا أيضا طبقتين إضافيتين من الكريات عمرهما 3.2 بليون سنة في جنوب إفريقيا. وكذلك، عثر <سيمنسون> على طبقات غير متوقعة من هذه الكريات أثناء استكشافاته عن تشكيلات الحديد في منطقة پلبارا في بداية التسعينات من القرن المنصرم، موسعا بذلك سلسلة ضربات الكويكبات المذهلة إلى أبعد من مجرد نهاية الدهر القديم أي إلى أبعد من 2.5 بليون سنة مضت.

وقد أعطت عمليةُ فحص أحزمة الصخور الخضُر القديمة مع استحضار التصادمات القديمة هؤلاء الجيولوجيين بصيرة إضافية حول الكويكبات ونتائجها. فقد استنتج <لوي> و<بيرلي> من تركيب الكريات الغني بالمغنيسيوم والحديد، على سبيل المثال، أن الصخور الفضائية الشاذة قد ضربت على الأرجح الصخور الثقيلة (الكثيفة) في حوض المحيط- ربما على مسافة بعيدة عن المناطق التي تكون فيها الكريات المحفوظة قد استقرت (توضعت) فيها. فهم يذكرون أنّ الأدلة التي اكتشفوها في جنوب إفريقيا عن اكتساح الكرة الأرضية بموجات **تسونامية** tsunamis رافقت كل طبقة من طبقات الكريات، تؤيد كذلك أن الكويكبات اصطدمت بالمحيط بدلا من اصطدامها بكتلة قارية مكشوفة.

وقد أشار <گليكسون> إلى تزامن بعض الضربات مع تشكيل «إمدادات وفيرة من جلاميد (حصى كبيرة) مزواة، بما في ذلك كتل يصل طولها إلى 250 مترا،» في منطقة پلبارا. ومثل هذه الكتل المختلطة هي نتيجة تحطم لارتفاع سطح الأرض وانهياره على طول صدوع الزلازل الكبيرة في المنطقة. والواقع أن عددا ضخما من الزلازل القوية يمكن أن يكون أحد أكثر المفاعيل الفورية لتصادم كويكبي كبير.

ومن الواضح، أن تصادمات الدهر القديم المبكرة لم تكن خفيفة الوقع على كوكب الأرض. ويقدر <لوي> و<بيرلي> أنّ كويكباتهما كانت كبيرة: أقطارها تتراوح ما بين 20 و 50 كيلومترا، اعتمادا على انتشار الكريات ومقارنات أخرى بمقذوفات من التصادمات الأحدث عمرا. (على سبيل المقارنة، تشير أفضل التقديرات إلى أن قطر الكويكب الشارد الذي قتل الدينوصورات لم يتجاوز 15 كيلومترا.) وقد دعّمت هذه المؤشرات المتعلقة بحجم الكويكبات فكرة <گليكسون> بأنها يمكن أن تكون قد أدت دورا في تشكيل القارات. ومن دون تأخير، بدأ <گليكسون> بلفت الانتباه إلى تغيرات مفاجئة أخرى في السجل الصخري تماما حول زمن التصادمات الثلاثية الملهمة: تلك التي وجدها <لوي> و< وبيرلي> مجمعة في رواسب جنوب إفريقيا التي توضعت قبل نحو 2.3 بليون سنة.

ففي بحث تقني حديث، يرى <گليكسون> أن توقيت هذه التصادمات يتوافق مع الأدلة الكبرى على أن هذه المناطق كانت ترتفع فوق مستوى سطح البحر لأول مرة - مشكلة على ما يبدو قارة جديدة. وعلى وجه التحديد، فإن السجل الصخري الذي توضّع قبل التصادمات يتكوّن من طبقات ثخينة من قشرة محيطية وأنواع من الرواسب التي تتشكل على قاع البحر. أما أثناء الفترة التي تشمل الضربات الكويكبية، فإن الطبقات البازلتية تتشوه وترتفع إلى الأعلى وتتعرّض للتحات - وهذا نمط من اضطراب قشرة الأرض يعزى بسهولة - وفقا لتعليل <گليكسون> - إلى صدمة من تصادمات كويكبية. وفي المقابل، فإنّ جميع الصخور، التي تشكلت بعد زمن التصادم الثلاثي، تمثل بقايا حتِّ الصخور التي لا يمكن أن تتشكل إلا على اليابسة. ويشير هذا التغيير إلى أنّ قوى كبيرة ضمن الكرة الأرضية رفعت القشرة فوق سطح المحيط بعد فترة زمنية غير طويلة من الضربات الكويكبية، وشكلت صخورا گرانيتية وغيرها من الصخور التي تتشكل على القارات، وأنها تآكلت في نهاية المطاف.

ويقترح <گليكسون> كذلك أن الضربات الكويكبية نفسها كانت السبب في ارتفاع جزء من قشرة الأرض واضطرابها. أما أكثر أدلته حسما فهو الكتل الضخمة من الصهارات الگرانيتية التي اندست في منطقتي پلبارا وكاپڤال من الأسفل قبل نحو 3.2 بليون سنة. ويذهب <گليكسون> إلى أنّ تزامن التصادمات الكويكبية وتشكّل هذه الصهارة الجديدة لم يَكُنا مجرد صدفة؛ بل كانا السبب والنتيجة. ويؤكد أنّ قواها المغيّرة للكوكب «سببت رفعا رئيسيا للقارات الوليدة المبكرة واندساس الصهارات الگرانيتية، وكلاهما يشهد على المنشأ العنيف لبعض الأجزاء على الأقل من القشرة القارية». والسؤال الحاسم هو:

ما هي عملية التسخين التي ولدت الصهارة؟ وكان جواب ‹گليكسون› هو أنّ القوة المدمرة للتصادمات الكويكبية التي يعود عمرها إلى 3.2 بليون سنة قد حولت اتجاه أنماط حمل الوشاح، مما أحدث أعمدة جديدة من الوشاح ارتفعت نحو الأعلى وسخنت قشرة الأرض من الأسفل.

## نقد بنّاء(*)

يعتمد قبول ما يؤكده ‹گليكسون› في جزء كبير منه على حجم الكويكب الشارد. فمن منظور آلية الكرة الأرضية الداخلية، فإنّ صخرة بحجم الكويكب الذي أباد الدينوصورات لن تكون أكبر من «حشرة صغيرة على زجاج السيارة الأمامي،» على حد قول ‹سيمنسون›. ولكن إذا كانت التصادمات القديمة المبكرة ضعفي هذا الحجم، فإنها يمكن أن تكون قد تركت أثرا يستمر مدة أطول. وعلى وجه الخصوص، فإنّ تصادمات كبيرة بقطر قدره 50 كيلومترا قد تُحوِّلُ فعليا أنماطَ التدفق الحراري في باطن الأرض، وفقا لما ذكره الجيوفيزيائي ‹J. ميلوش› [من جامعة پوردو]. فقد وصف ‹ميلوش› اعتمادا على محاكاة التصادمات الافتراضية الحاسوبية التي طورها مع زملائه لأغراض أخرى، كيف أنّ تصادما كويكبيا قديما مبكرا كبيرا، بما فيه الكفاية، قد يساعد في الواقع على تنامي حجم القارة [*انظر المؤطّر في الصفحة 24*].

وفي هذا السيناريو الافتراضي، يفترض ‹ميلوش› أنّ تصادما، مثل تصادم كويكب بقطر 50 كيلومترا يضرب حوض المحيط بسرعة نحو 20 كيلومترا في الثانية، لا يحفر حفرة تصادم، وإنّما بدلا من ذلك يولّد بحرا هائلا من الصخور المنصهرة قطره وعمقه نحو 500 كيلومتر. وإذا كانت مثل هذه البحيرة من الصُّهارة الناجمة عن تصادم الكويكب تشكل قمة عمود من وشاح الأرض، فإنّ حرارتها الشديدة توقف ارتفاع العمود من الوشاح وعندئذ تحرف مساره إلى المناطق المجاورة له. ويمكن لعمود من الوشاح منحرف المسار تحت قشرة محيطات ثخينة أن يولّد جزرا قد تجد فيما بعد طريقها إلى منطقة الانغراز وتؤدّي إلى ثخانة جانبية لقارة متنامية. أمّا إذا حدث وارتفع العمود المنحرف المسار تحت قارة أولية تحوي صخورا أقل كثافة بالفعل، فإنّ المصدر الحراري الجديد يكون كافيا لإحداث موجات صاعدة جديدة من الصهارة الگرانيتية مثل تلك الواقعة في أحزمة الصخور الخُضر في پلبارا وكاپڤال، ومن ثَمَّ مؤدية إلى زيادة الثخانة في أسفل القارة.

غير أن ‹ميلوش› يحذر من أن هذا السيناريو فيه الكثير من الشكوك. مبرهنا على أنه من المستحيل في الواقع أنّ كويكبا مفترضا قد حرّف مسار أعمدة الوشاح، ليحدث أجنّة قارات محدّدة موجودة في السجل الصخري. فالفوهات التي أحدثتها الكويكبات، منذ فترة طويلة، انغرزت في باطن الأرض أو تعرضت للتحات واختفت. حتى ولو كان عمود من الوشاح مسؤولا بالفعل عن إنتاج صخور الگرانيت، فمن ذا الذي يقول إنه لم يكن يرتفع بالفعل تحت قارة أولية حتى قبل ضربة الكويكب؟

وفي النهاية، وضّح ‹ميلوش› المصادفة المدهشة في التزامن بين ضربات الكويكبات القديمة المبكرة وبين صعود المواد المنصهرة الجديدة في الشظايا القديمة للقارات الحالية، وكان قد ربطهما معا بوجود آلية موثوقة لكيفية توجيه ضربة كونية يمكن أن تؤدي فعلا إلى إنتاج مثل هذه المواد المنصهرة. وبحسب ‹لوي›: «إنها فرضية محتملة جدا حول ما قد حدث». «ولكنه تفسير واحد فقط.» ومما لا شك فيه، أن التصادمات المغيّرة لكوكب الأرض قد أعاقت الديناميات الداخلية للكرة الأرضية – وربما لا يكون العنف الذي صاحبها مدمرا كليّا. ■

(*) Constructive Criticism

### مراجع للاستزادة


**The Evolution of Continental Crust.** S. Ross Taylor and Scott M. McLennan in *Scientific American*, Vol. 274, No. 1, pages 60–65; January 1996.

**Field Evidence of Eros-Scale Asteroids and Impact Forcing of Precambrian Geodynamic Episodes, Kaapvaal (South Africa) and Pilbara (Western Australia) Cratons.** Andrew Y. Glikson in *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 267, pages 558–570; 2008.

Explore the aftermath of asteroid impacts at **www.lpl.arizona.edu/impacteffects**


*Scientific American*, January 2010

# إيقاف أكثر الطفيليات نشرا للموت في العالم(*)

*لقاح جديد للملاريا، وخطة لتمنيع البعوض وغيرها من الأفكار «المجنونة» جعلت قهر هذا القاتل فكرة ساطعة.*

<M. كارميكائيل>

في الوقت الحالي، وفي مكان ما من العالم، وربما في أحد أطباق الاختبار «پتري» في بالتيمور، أو في الغدد اللعابية لبعوضة استقرت في أحد المختبرات في سياتل، أو في مجرى الدم في جسم أحد القرويين في غانا، يوجد مركب كيميائي قد يساعد على إبادة أكبر قاتل في تاريخ البشرية. يوجد لدى العلماء في المختبرات العديد من اللقاحات الواعدة المرشَّحة، ولأول مرة يصل أحدها إلى مرحلة متقدمة من التجارب السريرية على البشر. وإذا كان هو أو غيره من اللقاحات المرشَّحة فعَّالا، ولو جزئيا في البشر، فقد يستطيع إنقاذ أرواح ملايين الأطفال والنساء الحوامل. وعندها سيكون اللقاح الوحيد الذي أمكن تطويره ضد طفيلي يصيب الإنسان، وهو إنجاز على مستوى جائزة نوبل. وسيكون من الممكن توزيع الجيل الأول منه في إفريقيا في وقت قريب مثل 2015.

ويقول <J. كوهين>، وهو عالم يقود بعضا من أكثر الأبحاث إثارة للأمل: «إذا سارت الأمور على مايرام، فبعد خمس سنوات من اليوم، سيكون اللقاح قد بدأ استخدامه على نطاق واسع في الأطفال الذين تتراوح أعمارهم بين 6 إلى 12 أسبوعا من العمر». ويتابع القول: «إنه إنجاز عظيم، ونحن فخورون به.» إنها لحظة غير عادية في أبحاث لقاح الملاريا، وإذا كانت كذلك، فلماذا لا تتغنَّى به <R. رابينوفيتش> بفخر واعتزاز؟

و<رابينوفيتش> هي امرأة مدهشة ذات شعر داكن، وحاصلة على بكالوريوس الطب وماجستير الصحة العامة، وسيرتها الذاتية تتضمن شغلها منصب مديرة مبادرة پاث PATH للقاح المضاد للملاريا، فضلا عن وظيفتها الحالية كرئيسة لبرنامج الأمراض المعدية في مؤسسة بيل وميليندا گيتس. ولكن ما أن تسألها عن التقدم الذي أحرزه العلماء في العشرين عاما الماضية حتى تكف عن الكلام.

تدير <رابينوفيتش> واحدا من أكبر برامج الأبحاث والتطوير للقاح مضاد للملاريا في العالم، ولكنها عندما تتكلم لا تزيد على قولها «ثمة أمور في طريقها للظهور». ولأنها تحت ضغط هذه الأمور، فإنها تحذر من بعض هذه الأمور، (خصوصا تلك الأمور التي ما تزال في مراحلها المبكرة)، فهي تقول «إنها أمور لابد لها من أن تفطر قلبك». ويبدو أن اجتهادها في الحذر له ما يبرره، فعلى الرغم من جميع التحديات التي تغلّب عليها الباحثون، فإن هناك تحديا جديدا يلوح في الأفق الآن. فبينما يقترب الباحثون أكثر من أي وقت مضى من أول لقاح مضاد للمرض، ينبغي عليهم أن يَحُولوا دون تلاشي آمالهم.

لقد تعودت مجتمعات الملاريا على مرورها بدورات من

(*) HALTING THE WORLD'S MOST LETHAL PARASITE

## باختصار

واجهت اللقاحات المضادة للملاريا إخفاقات متكررة. وقد أحيت الأساليب التقانية الحديثة دفعة جديدة لعامل سيمكّن توفير المناعة مدى الحياة.

وقريبا ستنتهي المراحل الأخيرة من التجارب السريرية على لقاح كان تحت التطوير منذ ثمانينات القرن العشرين. ويمكن لهذا اللقاح أن ينقص عدد حالات الشكل الأكثر إماتة من الملاريا بمقدار النصف.

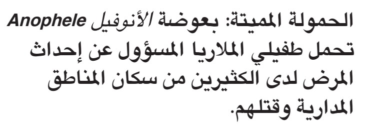
وحتى أثناء تقدم هذا العمل، فإن الباحثين يواصلون التقدم بالعمل على استراتيجيات أخرى للقاحات جديدة، مثل نوع مُضْعَف من الطفيلي يتم تكثيره في البعوض.

ونظرا للصعوبة البالغة في مكافحة الملاريا، ينبغي على الباحثين أن يعدِّلوا توقعاتهم المبالَغ فيها ليحتفظوا بالآمال، فلا تتحطم عندما يفشل لقاح آخر محتمل جديد.

المؤلفة

**Mary Carmichael**

*<كارميكال> من كبار الكتاب في مجلة* **نيوزويك** *تغطي أخبار الصحة والعلوم، وقد حصلت على جوائز عديدة من بينها* **ميدالية كيسي** *Casey Medal للجدارة الصحفية، وعَمِلَتْ في الصف الأمامي في خدمة البث العامة PBS وفي* **مجلة المصادر الحرة والمفتوحة للبرمجيات الذهنية** Mental Floss magazine*، وشاركت في تأليف كتابين. وهي حاليا تتمتع بالزمالة KSJF*[1].



**الحمولة المميتة: بعوضة *الأنوفيل* Anophele تحمل طفيلي الملاريا المسؤول عن إحداث المرض لدى الكثيرين من سكان المناطق المدارية وقتلهم.**

الإثارة ومن اليأس وتحطُّم القلوب. ففي ستينات القرن العشرين كانت هنــاك حملــة ضخمة قضــت على المرض من مناطق عديدة من العالم وخفضت أعــداد المرضى تخفيضا كبيــرا في المناطق الأخــرى. ولكن هذا النجاح آل في آخر المطاف إلى نهايته، وعندما أصبحنا نفهم الملاريا على أنهــا خطر آخــذ بالتضاؤل، مالت الوكالات العالمية إلى المهاودة، فوجدت أن سلاحها الرئيسي (المادة الكيميائيــة DDT) ســام للطيــور، فتخلَّوا عن مجهوداتهم بشكل كبير، فازدادت أعــداد المصابين بالملاريا بتواتر أكثر ســرعة مما كانت عليه من قبــل. وعندها تــرك الباحثون المجــال، وآلت الأبحاث حول اللقاح إلى الركود.

لقد كان أمرا مُذْهِلا، ومُخْجِلا، أن أُهملــت الملاريــا لوقــت طَويل من قبــل المُمَوِّلين، ومن ثم من قبل العلمــاء الذين لم يســتطيعوا أن يحصلــوا علــى مِنَح لدراســتها.

ومن ناحية أخرى، فإنه من الســهل أن نتبين لماذا فقد الناس الأمل. فعلى الرغم من كل شــيء كانت الملاريا كائنا يصعب مكافحتــه، فدورة حياتها الطفيلية معقَّدة، فهي تبدأ في الغدد اللعابيــة للبعوضة، وتنتقل إلى مجرى الدم في الإنســان، ثم تنتقل إلى كبد الإنســان، لتصل بذلــك إلى درجة من البلوغ، ثم ترجع إلى مجرى الدم في الإنســان، وأخيرا تنتقل عائدة إلــى جســم بعوضة جديدة، ولــم تكن هذه الــدورة مفهومة بشــكل جيد حتى وقت قريب. وقد قامت مجموعة صغيرة من الباحثين في شــركة گلاكسوسميث كلاين (GSK)[2] بمحاولة جــادة لبدء زخم قوي لإنتاج لقاح في منتصف الثمانينات من القرن العشــرين، وذلك بالعمل على بروتين من سطح سلالة

(١) Knight Science Journalism Fellowships
(٢) GlaxoSmithKline

طفيلي ***المتصورة المنجلية*** *plasmodium falciparum* الشائعة والمميتة، غير أن هذه المحاولة الأولى فشلت، وواصل الطفيلي فتكه بمليون شخص كل عام.

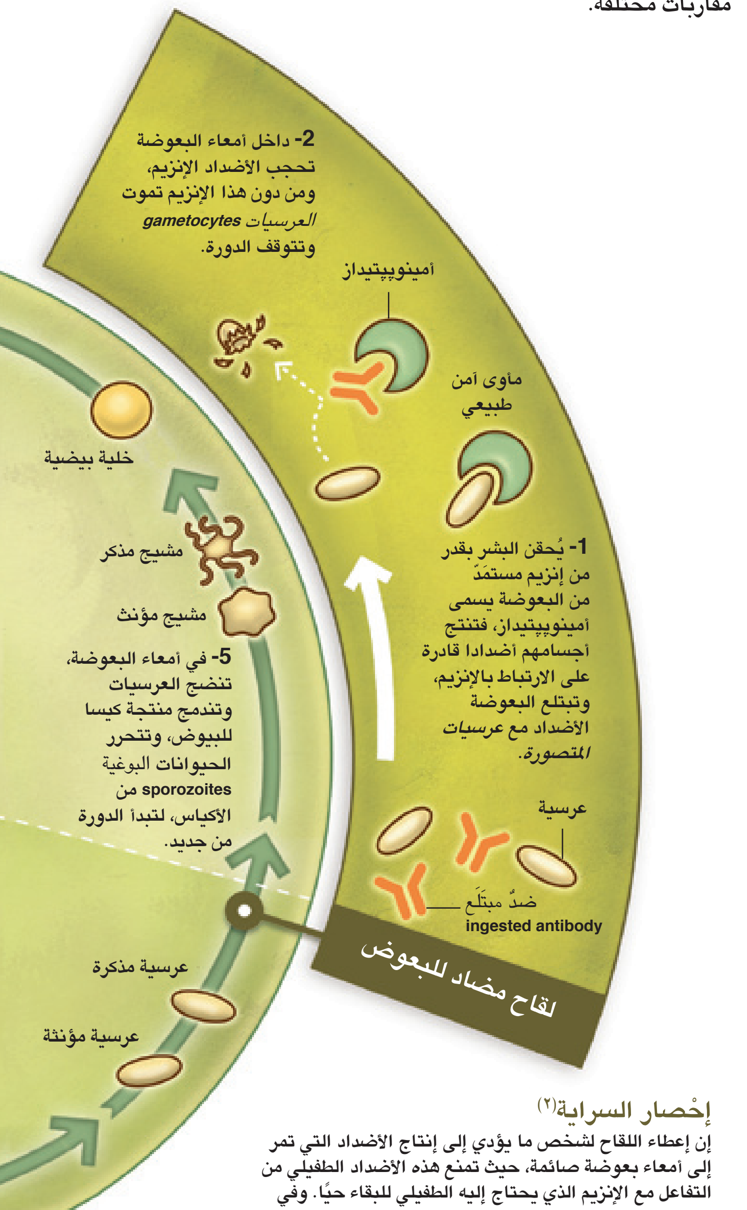
ولا يمكن أن تكون الظروف اليوم أكثر اختلافا عما كانت عليه آنذاك، إلا أنه بفضل سلسلة من الابتكارات، وحقن مبالغ نقدية هائلة (وأغلبها من مؤسسة گيتس التي منحت 4.5 بليون دولار لتطوير اللقاح منذ عام 1994، ثم رفعت الدعم منذ وقت قريب ليصل إلى 10 بلايين دولار للسنوات العشر المقبلة)، فإن العشرات من المشاريع المتعلقة بلقاح الملاريا تمضي في طريقها، مع أن أغلبيتها لا تزال في مراحلها الأولى. واستمر علماء الشركة GSK بإعادة ابتكار اللقاح المحتمل الذي بدأ في الثمانينات حتى حصلوا على لقاح واحد أكثر، وقد وصل الآن مراحل متأخرة من التجارب على البشر، وثبت أنه آمن، ويتم الآن اختباره في سلسلة ضخمة من التجارب السريرية العشوائية في 11 موقعا في إفريقيا، حيث ستحقن مجموعة من الناس باللقاح، وتحقن مجموعة أخرى بلقاح **غفل**[1] placebo فقط. وهذا اللقاح هو الوحيد الذي وصل إلى هذا المدى على الإطلاق، غير أن الاختبارات السريرية المبدئية تتقدم على لقاحات مرشحة أخرى.

ويمارس بعض الباحثين استراتيجيات غير تقليدية في المرحلة 1 (والتي تتضمن غالبا اختبارات السلامة): فيزرعون طفيليات مضعَّفة وراثيا داخل أجسام البعوض، ثم يستخلصون بالتشريح هذه الكائنات من داخل الغدد اللعابية ليشكلوا منها لقاحا. وثمة فئة ثالثة من اللقاحات قد تستخدم في تمنيع البعوض الذي ينقل طفيلي الملاريا إلى ضحاياها من البشر، وذلك باستخدام أجسام البشر في توصيل **الأضداد** antibodies. ويقول <R. دينگلازان> أحد الرواد في هذه المقاربة: «إننا نتكلم عن استخدام البشر في تمنيع الحشرات تمنيعا غير فاعل، وهي فكرة فيها قدر من الجنون».

وطبعاً إنه «جنون»، ولكنه ربما يتحول إلى شيء «مبتكر»، إذا أعطيت الفكرة وقتا كافيا، وقدرا من الحظ والعمل الشاق. ولكن بالنسبة إلى أي من هذه اللقاحات المرشَّحة (أو للقاحات الأخرى العديدة التي لاتزال في مراحل تطويرها المبكرة)، ولكي تنجح، فإن عليها أن تجتاز العديد من التحديات أولا. لقد جاء الوقت لمواجهة تلك التحديات، تقول <رابينوڤيتش>: «إنك لن تحقق أي تقدم إذا ما دفنت رأسك في الرمال».

## ثلاث استراتيجيات واعدة للقاح(*)

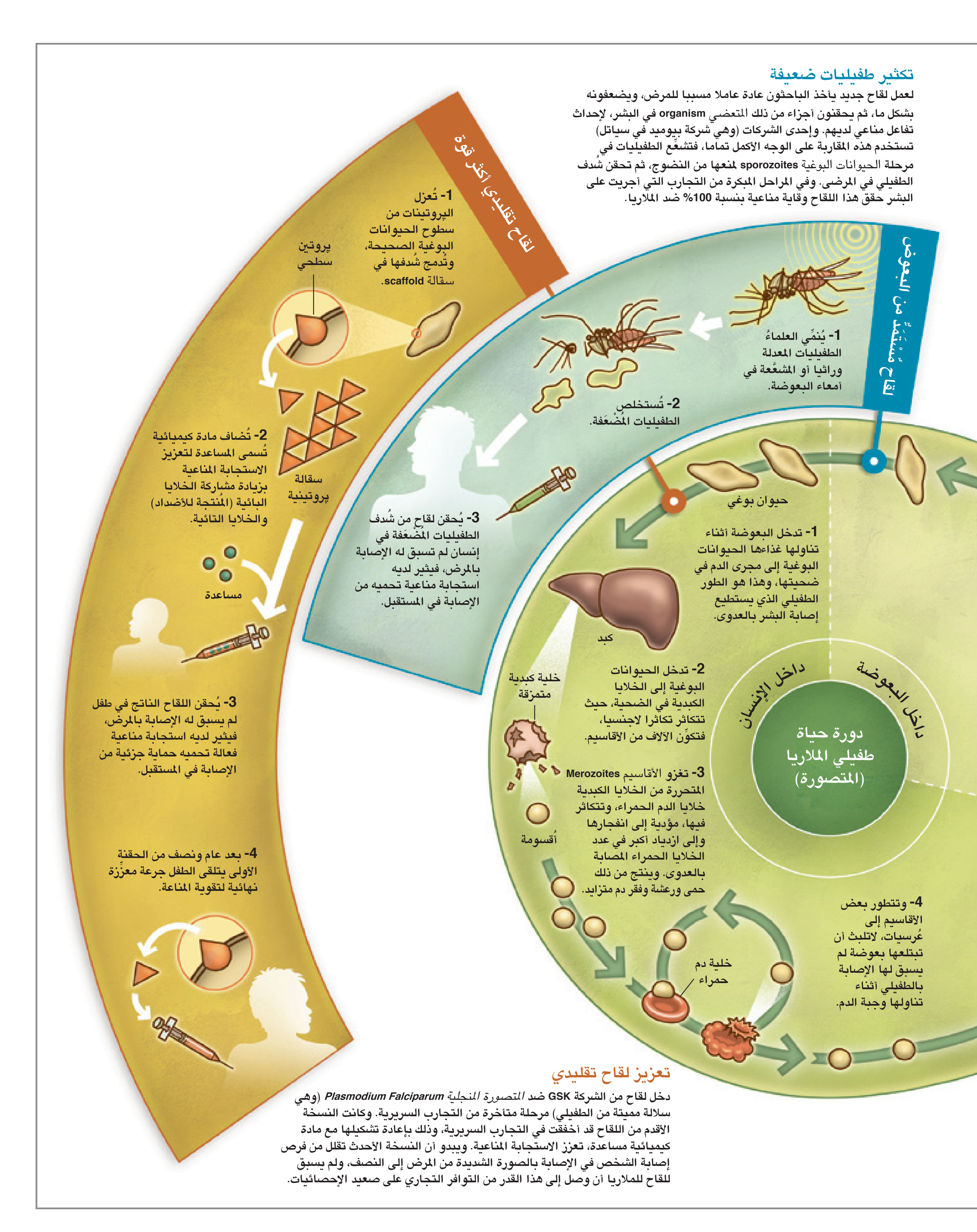
**طيلة عقود طويلة حاول مجتمع الصحة العامة أن يبتكر لقاحا يستطيع أن يضفي مناعة تستمر العمر بكامله ضد طفيلي الملاريا، ويساعد على إبادة المرض، غير أن الجهد كان دائما يؤول إلى الفشل. فدورة حياة الطفيلي المعقدة تجعل معرفة أفضل طريقة لتخليق لقاح فعال تحديا، غير أن توافر ميزانية جديدة، وانهمار فيض من الأفكار الابتكارية قد أدى إلى تغيير طريقة النظر إلى هذا الأمر بشكل مفاجئ في السنوات الحالية. فللمرة الأولى، يصل لقاحٌ للمرحلة الأخيرة من التجارب السريرية، وتوجد عشرات من الأفكار الأخرى في مرحلة مبكرة من التطوير. ويُظهر هذا الشكل ثلاث مقاربات مختلفة.**




### إحْصار السراية(2)

إن إعطاء اللقاح لشخص ما يؤدي إلى إنتاج الأضداد التي تمر إلى أمعاء بعوضة صائمة، حيث تمنع هذه الأضداد الطفيلي من التفاعل مع الإنزيم الذي يحتاج إليه الطفيلي للبقاء حيًّا. وفي المرة التالية التي تلسع فيها البعوضة شخصا آخر، فلن يكون لديها طفيليات ملاريا لتنقلها إليه.

(*) Three Promising Vaccine Strategies
(1) أو إيحائي.
(2) Blocking Transmission



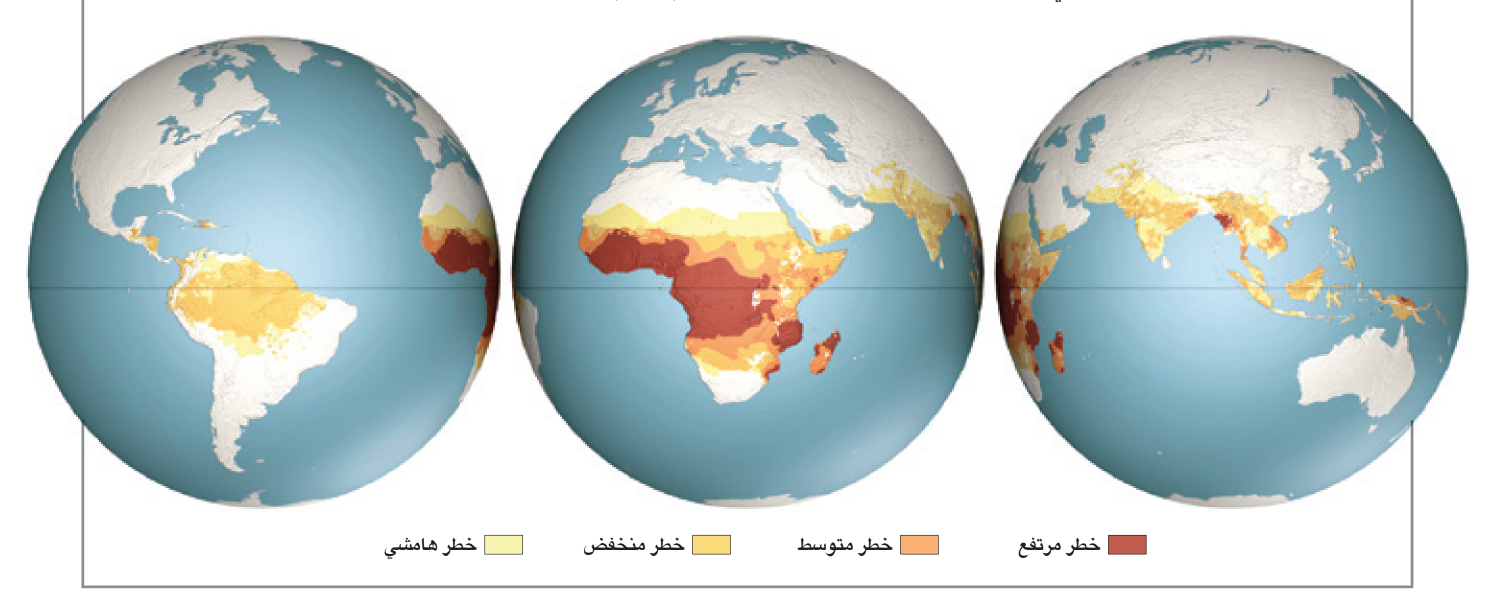
تكثير طفيليات ضعيفة
لعمل لقاح جديد يأخذ الباحثون عادة عاملا مسببا للمرض، ويضعفونه بشكل ما، ثم يحقنون أجزاء من ذلك المتعضي organism في البشر، لإحداث تفاعل مناعي لديهم. وإحدى الشركات (وهي شركة بيوميد في سياتل) تستخدم هذه المقاربة على الوجه الأكمل تماما، فتشعِّع الطفيليات في مرحلة الحيوانات البوغية sporozoites لمنعها من النضوج، ثم تحقن شُدف الطفيلي في المرضى. وفي المراحل المبكرة من التجارب التي أجريت على البشر حقق هذا اللقاح وقاية مناعية بنسبة 100% ضد الملاريا.
لقاح تقليدي أكثر قوة
1- تُعزل البروتينات من سطوح الحيوانات البوغية الصحيحة، وتُدمج شُدفها في سقالة scaffold.
بروتين سطحي
2- تُضاف مادة كيميائية تُسمى المساعدة لتعزيز الاستجابة المناعية بزيادة مشاركة الخلايا البائية (المُنتجة للأضداد) والخلايا التائية.
سقالة بروتينية
مساعدة
3- يُحقن اللقاح الناتج في طفل لم يسبق له الإصابة بالمرض، فيثير لديه استجابة مناعية فعالة تحميه حماية جزئية من الإصابة في المستقبل.
4- بعد عام ونصف من الحقنة الأولى يتلقى الطفل جرعة معزِّزة نهائية لتقوية المناعة.
لقاح مُستمَدّ من البعوض
1- يُنمِّي العلماءُ الطفيليات المعدلة وراثيا أو المشعَّعة في أمعاء البعوضة.
2- تُستخلص الطفيليات المُضْعَفة.
3- يُحقن لقاح من شُدف الطفيليات المُضعَفة في إنسان لم تسبق له الإصابة بالمرض، فيثير لديه استجابة مناعية تحميه من الإصابة في المستقبل.
حيوان بوغي
1- تدخل البعوضة أثناء تناولها غذاءها الحيوانات البوغية إلى مجرى الدم في ضحيتها، وهذا هو الطور الطفيلي الذي يستطيع إصابة البشر بالعدوى.
كبد
2- تدخل الحيوانات البوغية إلى الخلايا الكبدية في الضحية، حيث تتكاثر تكاثرا لاجنسيا، فتكوِّن الآلاف من الأقاسيم.
خلية كبدية متمزقة
3- تغزو الأقاسيم Merozoites المتحررة من الخلايا الكبدية خلايا الدم الحمراء، وتتكاثر فيها، مؤدية إلى انفجارها وإلى ازدياد أكبر في عدد الخلايا الحمراء المصابة بالعدوى. وينتج من ذلك حمى ورعشة وفقر دم متزايد.
أُقسومة
خلية دم حمراء
4- وتتطور بعض الأقاسيم إلى عُرسيات، لاتلبث أن تبتلعها بعوضة لم يسبق لها الإصابة بالطفيلي أثناء تناولها وجبة الدم.
داخل الإنسان
داخل البعوضة
دورة حياة طفيلي الملاريا (المتصورة)
تعزيز لقاح تقليدي
دخل لقاح من الشركة GSK ضد المتصورة المنجلية Plasmodium Falciparum (وهي سلالة مميتة من الطفيلي) مرحلة متأخرة من التجارب السريرية. وكانت النسخة الأقدم من اللقاح قد أخفقت في التجارب السريرية، وذلك بإعادة تشكيلها مع مادة كيميائية مساعدة، تعزز الاستجابة المناعية. ويبدو أن النسخة الأحدث تقلل من فرص إصابة الشخص في الإصابة بالصورة الشديدة من المرض إلى النصف، ولم يسبق للقاح للملاريا أن وصل إلى هذا القدر من التوافر التجاري على صعيد الإحصائيات.

## رسم خريطة الملاريا

## أين تكمن الأخطار(*)

ينبغي أن تستهدف الحملة العالمية لمكافحة الملاريا التي تعتمد على اللقاحات لاستئصال المرض أو تقليل حدوثه السكان الذين يواجهون الخطر الأكبر. ولتحديث المعلومات الوبائية التي صارت منتهية الصلاحية من عقود كثيرة، فإن مشروع خريطة الملاريا، وهو تعاون ما بين جامعة أكسفورد ومعهد الأبحاث الطبية الكيني والصندوق الائتماني للشركة Wellcome Trust، جمّع آلاف التقارير المحلية عن انتشار الطفيلي لتقدير مدى خطر الإصابة بالمرض.

والخرائط (*في الأسفل*) تبين المناطق الأكثر تعرضا للنمط الأكثر إماتة من الطفيلي، وهو *المتصورة المنجلية*. (أما *المتصورة النشيطة*، فهي أخف وطأة بصورة عامة ولكنها قادرة مع ذلك على إحداث مرض شديد، كما أن الطفيلي أكثر انتشارا ويصيب 2,85 بليون إنسان). ومقاييس الخطر مُسْتَمَدَّة من النسبة المئوية للأشخاص الذين يحملون الطفيلي، بغض النظر عن كونهم أو عدم كونهم مرضى بالفعل.




### نعم، إنه يعمل، ولكن ما مدى جودته؟(**)

واللقاح المرشَّح الذي أنتجته الشركة GSK، والمسمى RTS,S لايزال يعتمد على البروتين نفسه من بروتينات *المتصورة المنجلية*، كما كان الأمر عليه من قبل، ولكن أصبح له الآن مساعد. ولو سارت الأمور كما كان يودّ الباحثون في الثمانينات، فإن البروتين المعروف **بمحيط البوائغ** circumsporozoite أو البروتين CS، كان قادرا على العمل بمفرده **كمستضدّ** antigen، وهو الجزء من اللقاح الذي يحفِّز الجملة المناعية على إنتاج أضداد، أو على غيرها من الاستجابات المناعية، والتي تحاول قتل الطفيلي. وقد نجحت هذه المقاربة مع اللقاح المضاد لالتهاب الكبد B الذي تمّ تركيبه بصورة مماثلة، غير أن الجملة المناعية لم تتفاعل مع البروتين CS، كما كانوا يخططون، فعكف الباحثون 20 عاما على مهمة إعادة تشكيل اللقاح. ولكي يستثير الباحثون الجسم استثارة تكفي لإنتاج استجابة قوية، كان عليهم أولا تجميع الكثير من نسخ البروتين على سقالة كيميائية، بُغْيَة إثارة إنتاج كمية كافية من الأضداد. «كانت الفكرة هي أن نجعل اللقاح أكثر شبها بالعامل الحقيقي المسبب للمرض» بحسب قول ‹كوهين› من الشركة GSK، الذي ترأس العمل على اللقاح RTS,S.

وقد استجاب الجسم بقوة أكبر لهذا التشكيل الجديد، ولكنه ليس بالقوة الكافية لإنتاج حماية حقيقية من المرض، (وهي مشكلة شائعة لدى العديد من اللقاحات المرشَّحة لكل أنواع الأمراض). إن تحفيز المزيد من الاستجابة يتطلب إحراز اختراق من نوع آخر، فبعد 15 عاما نجح الباحثون في إضافة مادة كيميائية تزيد من أعداد الخلايا البائية التي تنتج الأضداد، وهذه المادة المساعدة ترتبط أيضا بالخلايا التائية التي تؤدي العديد من الأدوار المهمة للمحافظة على دفاعات الجسم ضد المرض.

ويحقِن الباحثون هذه التشكيلة الجديدة في اختبار المراحل النهائية المتأخرة، مُشكلة أضخم اختبار أُجري على الإطلاق للقاح مضاد للملاريا. والمجموعة المستهدفة هي 16 000 طفل (تتراوح أعمار بعضهم ما بين 6 إلى 12 أسبوعا، والبعض الآخر أكبر قليلا من ذلك، فأعمارهم ما بين 5 إلى 17 شهرا)،

(*) Where the Risks Are
(**) YES, IT WORKS. BUT HOW WELL?

وقد بدؤوا بتلقي لقاحاتهم. وبانتهاء الشهر 2010/12 يكون الباحثون قد استكملوا جميع الحقن، وسوف تتراكم النتائج خلال منتصف العام الحالي. وإذا ما بدت هذه البيانات ونتائج المتابعة واعدة، فإن الوقت يكون قد حان لأن نرى «تأثير اللقاح في الحياة الواقعية» كما يقول <C. لوك> [المدير الحالي لمبادرة Path للقاح المضاد للملاريا].

وهذا التأثير قد يكون هائلا، فينقذ مئات الآلاف من الأرواح كل عام، هذا إذا وُزِّع اللقاح على نطاق واسع. ولكنْ ثمة عقبتان ماثلتان، العقبة الأولى هي تكلفة اللقاح. فمجمل تكاليف تطوير اللقاح RTS,S ثم تجهيزه للتوزيع في الأسواق ستكون في النهاية مئات الملايين من الدولارات، ومن ثم فقد يكون باهظ الثمن جدا للاستخدام العملي في البلاد النامية. غير أن الشركة GSK قالت إنها ستجعل الثمن منخفضا جدا، بهامش ربح ضئيل، هو 5%، وهي تأمل بأن المؤسسات والمنظّمات الدولية مثل اليونيسف والتحالف العالمي للقاحات والتمنيع ستشتري اللقاح وتوزعه على البلاد النامية في إفريقيا، وهي البلدان الأكثر حاجة إلى اللقاح.

الصحة العامة أولا: تقوم الشركة GSK بتلقيح الأطفال في إفريقيا في المرحلة الأخيرة من التجارب السريرية.

أما العقبة الثانية فهي أنه من المحتمل أن لا ينجح اللقاح RTS,S في عمله، شأنه في ذلك شأن غيره من اللقاحات المضادة للأمراض الأخرى، والتي ينبغي أن تكون فعّالة بنسبة 80% قبل إجازتها للاستخدام على نطاق واسع، وحتى الآن، فإن أفضل نتائج المرحلة II توحي بأن اللقاح RTS,S يخفض حالات الملاريا حتى النصف، ومعظم اللقاحات التي لها مثل هذه البيانات الإحصائية لايمكن اعتبارها فعّالة بالقدر الكافي للاستخدام على نطاق واسع. غير أن الملاريا قاتل له قَدَرُهُ، واللقاح يتقدم على سائر اللقاحات المرشحة، بحيث تبدو هذه النسبة المئوية، وهي 50 في المئة، في الواقع رائعة جدا، لأنها تعني إنقاذ أرواح 500 000 شخص كل سنة.

وأصغر الأطفال عمراً هم الأكثر عرضة للإصابة بالملاريا الشديدة، فما لديهم من حماية طبيعية ضد المرض قليلة، وهم في ذلك ليسوا كغيرهم من الضحايا الذين يكتسبون قدرا من الحماية نتيجة تكرار العدوى بها، ومن ثم يميل المَرَضُ إلى أن يكون أخف وطأة مع تقدمهم في العمر. وبسبب غياب الحماية لدى الأطفال، فقد تلازمهم حالات العجز والإعاقة طوال حياتهم. أما إذا أصيب بعض صغار الأطفال بعد تلقيهم اللقاح، فإنهم يصابون بحالات أقل شدة وليست مميتة.

وقد قامت منظمة الصحة العالمية ومنظمة اليونيسف، بالفعل، بتمنيع الرضَّع ضد أمراض أخرى مثل شلل الأطفال والخُنَاق تقريبا في حدود هذا العمر المبكر (3 أشهر تزيد أو تنقص قليلا)، وهذا يعني، في الأوضاع المثالية، أن هذه الأعمار تلائم التفاعل مع اللقاح RTS,S. ويقول <كوهين>: «ونحن نرغب في أن يُدمج لقاح الملاريا ضمن نظام توصيل اللقاحات الأخرى، فبإمكاننا أن نستفيد من حقيقة أن نظام التوصيل هذا يُعطي لقاحات أخرى». وهذه البنية التحتية المُدْمَجَة ضمن نظام التوصيل بإمكانها أن تسرِّع عملية انتقال اللقاح من منصات الإنتاج إلى جوار الأسرّة الطبية وأماكن حقن اللقاح، وهذا قد يعني أن تكلفة الحقن ستكون قليلة جدا، لأنه سيكون بإمكاننا أن نتخطى إنشاء شبكات جديدة للتوصيل. ومع ذلك، يضيف <كوهين>: «ينبغي علينا أن نتأكد من أن الاستعداد قد تم على الأرض، فالأمر لن يكون مسألة عارضة».كما أنه ليس واضحا حتى الآن عدد المرات التي سيتعين على هؤلاء الأطفال أن يعودوا إلى العيادات ليحصلوا على الحقن المنشطة.

وثمة عوائق أخرى تعترض مسيرة اللقاح، أولها أن اللقاح RTS,S مصمم للعمل ضد السلالات الإفريقية من *المتصورة المنجلية* وليس غيرها من السلالات التي تسري عدواها في سائر أنحاء الكرة الأرضية، وثانيها أن نسبة 50% من الكفاءة الإحصائية لايمكن أن تعني أن اللقاح بمفرده سيكون بإمكانه التخلص من الملاريا، علما بأن التخلص من المرض هو الأساس المنطقي السليم وراء تطوير أي لقاح في المقام الأول.

ولاستخدام اللقاح RTS,S للتخلص من المرض، سيتعين على الباحثين إعادة تركيب اللقاح، مرة أخرى، أو عوضا عن ذلك إعطائه جنبا إلى جنب مع مركب آخر. ويفكر علماء الشركة GSK حاليا في أسلوب أو مقاربة «التعزيز الرئيسي» (وهي استراتيجية المرحلتين التي أبدت بعض ملامح

الفعالية في التجارب المبكرة لـ **فيروس عوز (نقص) المناعة البشرية المكتسب** HIV) وذلك بتكرارهم للقاح RTS,S. وكلا الذراعين «الرئيسي» و«التعزيز» لهذا اللقاح الجديد يقدم البروتين CS للجسم، ولكن بطرق مختلفة، وربما أنتج ذلك استجابة مناعية أقوى، وعلى أقل تقدير، فهذا ما ذهب إليه التفكير. ولكن البحث أجري على حيوانات المختبر فقط حتى الآن، وإذا استغرقت هذه المحاولة الجديدة لتقييم اللقاح RTS,S المدة ذاتها التي استغرقتها المحاولة السابقة، فقد يعني ذلك 15 سنة قبل الوصول إلى نسخة معدلة فعالة تماما من اللقاح RTS,S تكون ركيزة من ركائز الصحة العامة. ويتساءل ‹كوهين›: «وخلال هذه الفترة من يدري ما الذي سيكتشفه العلماء؟»

## البعوض كمختبرات حية(**)

وقبل وقت قليل من تلقيك اللقاح RTS,S لتكون من بين المحظوظين الذين ينجح اللقاح في عمله لديهم، وتصل نسبتهم 50%، فإن هناك طريقة أخرى ثبتت كفاءتها تجعلك **مُمَنَّعا** immune ضد الملاريا من دون الإصابة بالمرض فعلا، فعليك أولا أن تجد سربا من البعوض الذي يحمل طفيليات ضعيفة تالفة جينيا، من ثم أن تَدَعَ 1000 بعوضة أو أكثر منها تلسعك. وعندها ستبحر الطفيليات في مجرى دمك لتصل إلى داخل كبدك، ولكنها بدلا من أن تتطور إلى طورها البالغ كما تفعل عادة، فإنها تعلق هناك وتموت، إذ ستعجز عن تجاوز مرحلة اليفع إلى مرحلة النضج. وفي أثناء ذلك، فإن جسمك سيصنّع أضدادا ضدها، وستكون مهيأ لذلك طيلة الحياة. وقد اكتشف الباحثون في البحرية الأمريكية هذه الظاهرة في سبعينات القرن الماضي، وبعد ذلك بعقدين التقط العلماء هذه الظاهرة وانطلقوا بها. ويدير اثنان من العلماء هما ‹H .S. كايي› [من شركة بيوميد في سياتل] و‹L .S. هوفمان› [المدير التنفيذي لشركة ساناريا في روكڤيل بولاية ميريلاند] مختبرين لاستكثار البعوض، حيث يجلس الفنيون الذين يلبسون القفازات طوال اليوم لاستخلاص الطفيليات المُضْعَفة من الغدد اللعابية للبعوض، وسحقها لتحويلها إلى محلول قد يكون مناسبا ليكون لقاحا.

ويمكن للباحثين أن يتلفوا دنا طفيلي الملاريا قبل زراعة **المتعضيات الميكروية** microorganism في أجسام البعوض

الخطة B

## بدائل اللقاحات(*)

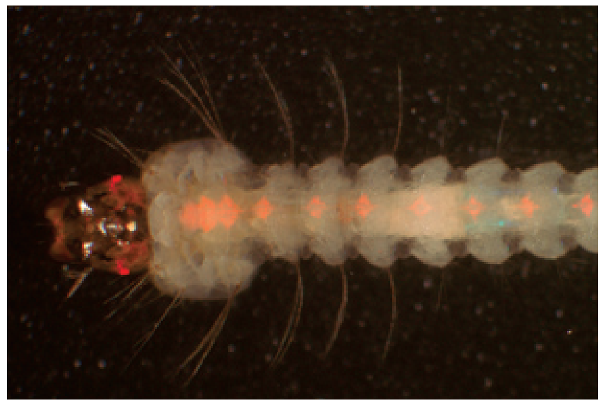
**ربما لا ينجح اللقاح المضاد للملاريا في العمل، فالباحثون لم ينجحوا أبدا في إيجاد لقاح بشري ناجح ضد الطفيليات من أي نوع. لذلك، فإن مؤسسة الصحة العامة تتابع باستمرار طيفا من المقاربات البديلة جنبا إلى جنب مع تطوير اللقاح. ولسوء الحظ، فإن جميع هذه المقاربات (سواء الناموسيات أو الأدوية الوقائية) لا تمنح وقاية تستمر طويلا ضد الطفيليات.**



**DDT** (مادة كيميائية محظورة) تسترد مكانتها داخل البيوت حيث تسبب ضررًا أقل الضرر. إنها تخلص البيوت من البعوض دون أن تسبب دمارا للبيئة.



الناموسيات التي تصد البعوض تمثل حلا جذابا بسبب رخص ثمنها وبساطتها وكفاءتها الثابتة في إنقاص معدلات حدوث المرض.



يرقة البعوضة (في التجارب) بعد أن تمت هندستها engineered لمنع نقل الطفيلي، فإذا ما تفوقت هذه الحشرات في المنافسة مع غيرها من البعوض الآخر، فقد تتلاشى الملاريا من المشهد.

(*) Vaccine Alternatives
(**) MOSQUITOES AS LIVING LABS

بطريقتين مختلفتين. والمقاربة التي تتبعها شركة بيوميد في سياتل تتسم بالدقة، إذ إنها تقتصر على حذف الجينات التي تساعد الطفيلي على النضج بعد مرحلة اليفع في كبد الإنسان، ومن دون تلك الجينات لن يتطور الطفيلي أكثر. ويقول ‹كاپي› «بمقدور الطفيلي الدخول إلى الكبد، ولكنه لا يستطيع المغادرة».

وحاليا يحذف فريق ‹كاپي› جينين فقط، وهما الجينان اللذان يساعدان الطفيلي على بناء غشاء حوله، وذلك وقت إقامته ضمن خلايا الكبد. ويبدو أن هذا الغشاء يحول دون إدراك خلايا الكبد، بطريقة ما، أنها مصابة بالعدوى. فالطفيليات التي ليس لديها أغشية تدفع خلايا الكبد سريعا إلى الانتحار، بدلا من أن تؤدي دور الضيافة للطفيلي. وقد أعطى فريق ‹كاپي› اللقاح المضاد للطفيلي الذي أعده الفريق إلى مئات الفئران، ومن بينها بعض الفئران المعدَّلة وراثيا لتَحْمِل خلايا كبد بشرية، فأكسبها وقاية بنسبة 10 000 ضد الملاريا. ولم يكن هناك تلف في الكبد أثناء هذه العملية. فالباحثون يدخلون ما يقرب من 10 000 طفيلي فقط في الجسم، وهذا العدد وإن تمكَّن كل أفراده من الوصول إلى الكبد، فإن العدد الأقصى الذي سيفقده الكبد من الخلايا سيكون ضئيلا جدا مقارنة بملايين الخلايا التي تشكل هذا العضو، والتي يمكنها أيضا أن تتجدَّد.

**لقاح يحمي البعوض وليس البشر (ليس مباشرة على الأقل)، يتحدى مفاهيم الصحة العامة التقليدية عن كيفية منح مناعة immunity واسعة النطاق ضد مرض رئيسي.**

وفي ربيع عام 2010، وكجزء من تجربة سريرية في مراحلها المبكرة، فإن 20 شخصا ممن تلقَّوا جرعات متعددة من اللقاح سوف يشمِّرون عن سواعدهم ليقدمها كلٌّ منهم لخمس بعوضات جميعها مصاب بالعدوى، بما أسماه ‹كاپي› «ملاريا حقيقية»، وهي ملاريا سببتها سلالة ربما تتطلب علاجا إذا ما دخلت إلى الجسم، ثم سيواصلون حياتهم اليومية لمدة أسبوع، ثم سوف يستضافون في فندق في اليوم السابع ليتم فحصهم بدقة من قبل فريق طبي. فإذا ما وُجِد أنهم كانوا خالين من الملاريا بحسب قول ‹كاپي›، فإن الفريق سيعتبر ذلك مؤشرا إلى أن اللقاح قد نجح. أما إذا كان الطفيلي موجودا في مجرى الدم عندهم بدلا من ذلك، فإن الباحثين سيزيلونه بإعطاء أدوية مضادة للملاريا. «إنها أداة قوية جدا أن تتمكن من نقل الملاريا فعلا للبشر» كما يقول ‹كاپي›، « إنه نموذج فريد جدا من نوعه، فمن البديهي أنه ليس بإمكانك أن تفعل الشيء نفسه مع الفيروس HIV أو أي عامل آخر مسبب للمرض يكون غير قابل للعلاج، إذ إننا في أسوأ صور السيناريو (أي عندما يصاب المرضى بالعدوى) نستطيع أن نعالجهم، أما مدى استعداد الناس للمشاركة في هذه الدراسة فهو أمر مدهش، فهم ليسوا فزعين على الإطلاق».

أما الطريقة الأخرى لتحطيم دنا الطفيل وجعله مادة آمنة تستخدم في اللقاح، فهي الطريقة ذات الطراز القديم، بتعريضه للإشعاع. وهي المقاربة التي اعتمدتها شركة ساناريا، وهي شركة هوفمان للتقانة البيولوجية، وقد يكون لهذه المقاربات مميزات، كما يقول، لأن الإشعاع يشوش الكود الجيني في عدد من المواقع يزيد بكثير على الموقعين، وقد تكون هذه هي الطريقة الأكثر أمنا وكمالا للتأكد من أن الطفيلي لن يكون قادرا على التكاثر عندما يصل إلى الكبد. إلا أن ‹هوفمان› غير مقتنع بأن الإشعاع يستطيع أن يتفوق في القضاء على الجينات النوعية المستهدفة، وهو يجري تجارب بالطريقة الأخيرة أيضا، ولن يستطيع أن يعرف أيهما أفضل حتى يتم «اختبار تجريبي» لكلتا الطريقتين، كما يقول، «فليس هناك بديل عن ذلك».

ويعرف ‹هوفمان› قيمة الاختبار التجريبي جيدا، ففي صيف عام 2009، وعند إجراء تجارب المرحلة I حول لقاح الحيوانات البوغية المشعَّعة، حصل ‹هوفمان› على التحقق الواقعي. فقد أعطت إدارة الغذاء والدواء الأمريكية إشارة الموافقة لشركة ساناريا لإجراء تجربة على 100 شخص. وفي الوقت الذي تلقى فيه ‹هوفمان› الموافقة، كان يعتقد أن البعوضة تحقن ما بين 5 إلى 10 طفيليات، فأسس قوة جرعاته على هذا الرقم. وبعد ذلك فقط تبين للعلماء أن البعوضة تحقن كمية أكبر بكثير من الطفيليات عندما تلسع الإنسان، وهي كمية يعبر عنها برقم يتراوح ما بين 300 إلى 500. «إن الذي يعنيه كل ذلك هو أنه في الوقت الذي دخلنا فيه التجربة كانت جرعتنا تقريبا تعادل عُشر الجرعة المطلوبة»، كما يقول ‹هوفمان›: «وقد تبيَّن لنا ذلك في منتصف التجربة، وليس بمقدورك في الحقيقة أن تغير تصميمك للاختبار عند هذه النقطة». وحتى تلك الجرعات المنخفضة جدا، فإنها قد أعطت بعض الوقاية ضد الملاريا، كما يقول ‹هوفمان›، ولكنها لم تكن فعالة بنفس قدر فعالية اللقاح RTS,S.

ومثل ‹رابينوڤيتش›، فإن ‹هوفمان› لايزال واقعيا، فبعد أن أصيب بالإحباط لبعض الوقت، تحدَّث إلى خبراء التلقيح والتقانة البيولوجية المخضرمين، فاستجابوا له جميعا بحماس، وقالوا لـ‹هوفمان›: «إن ما فعلتَه أمر خيالي، هل كنت تعتقد أنك ساحر، وبإمكانك أن تدخل وتضع المادة التي طورتها في البشر وتخرج بنتيجة 100% وقاية؟ إن ذلك الأمر لا يحدث في الحياة الحقيقية». ويأمل ‹هوفمان› بأن يبدأ تجربة جديدة في المرحلة I، وقد زاد تركيز الطفيليات في لقاحه، كما غَيَّر الطريقة التي كان يقدمه بها.

## «الناموسية المناعية»(*)

إذا ما ثبت أن تمنيع البشر ضد الملاريا أمر صعب جدا، فماذا عن الكائن الثالث في ذلك الثالوث غير المقدس، ونعني البعوضة؟ إذ ينبغي على أي لقاح أن يكسر حلقة السراية، وحتى الآن فإن إهمالا كبيرا يحيق بإحدى خطوات الحلقة، وهي الخطوة التي تبدأ عندما تلسع البعوضة آدميا، فيلتقط طفيلي الملاريا من تيار دم ضحيتها، وتصبح هي نفسها مصابة بالعدوى. فإذا ما أوقف تطور الطفيلي عند تلك النقطة داخل جسم البعوضة، فإنه يموت ولا يستطيع أن يتغلغل في مضيفه من البشر، وبذلك ينخفض عدد الحالات. و‹دينگلازان› [باحث في البيولوجيا الجزيئية بجامعة جون هوپكينز، وأصله من الفليپين] قد رأى العديد من حالات الملاريا في وطنه الأم، ولديه فكرة عن كيفية جعل ذلك الأمر يحدث، فهو يعمل على الفئران فقط حتى الآن، وهو حَذِر بالقدر المناسب، فيقول: «إذا لم تنجح الفكرة، فإنني لن أتصرف كبائع السيارات بهذا الخصوص»، أما إذا ما نجحت الفكرة، فإنها ستكون نقلة حقيقية في مكافحة الملاريا.

عندما يدخل طفيلي الملاريا في جسم البعوضة، فإنه يحاول فورا أن يعتبر نفسه في بيته بأمعاء البعوضة، فيبحث عن إنزيم محدد في النسيج الهضمي، وهو أحد **الأمينوپپتيدازات** aminopeptidase، فإذا لم يجد هذا الإنزيم الذي يكون ضروريا لتأسيس رأس جسر يعبر فوقه وعبره في الأمعاء خلال أول 24 ساعة، فإن الطفيلي يُهْضَم وتفشل البعوضة في أن تكون حاضنة للطفيلي، وهذا على الأقل ما يفترض الناس حدوثه. ويضيف ‹دينگلازان› وهو يضحك: «في الحقيقة، لم يبحث أحد عن أشلاء الإنزيم في فضلات البعوضة للتأكد»، أما إذا ما تلقت البعوضات وجبة من **الأضداد** antibodies المضادة لإنزيم الأمينوپپتيداز، فإنها تصبح، دون شك، منيعة ضد الملاريا. وتقول النظرية إن الأضداد تحجب الإنزيم وتحوم حوله في كل مكان لتمنع الطفيلي من استهدافه. وقد استفرد ‹دينگلازان› شدفة فريدة معينة من الإنزيم لا نظير لها في غير البعوض، وحقن الفئران بهذه الشدفة فقط، ليجعلها تنتج أضدادا مضادة لها، والبعوضة التي تلدغ تلك الفئران تلتقط تلك الأضداد التي يبدو أنها لا تتفكك بقدر كبير في السبيل الهضمي. وهكذا تصبح الحشرات، في الحقيقة، ممنعة بأكل اللقاح بغير قصد، ولأن الطفيلي يموت داخل البعوضات، فإنه لاينتقل للمضيف من الثدييات. فإذا نجح هذا المفهوم في العمل عند البشر، فنعم الأمر، ويقول ‹لوك›: «إن ذلك يشبه ناموسية مناعية».

ولهذه المقاربة جوانبها السلبية بالطبع، والجانب السلبي الرئيسي من بينها هو التحدي المتمثل بكيفية إقناع الناس بتقبل لقاح يحمي البعوض، وليس البشر، فهي إذن حماية غير مباشرة، على أية حال. (فمن الممكن أن تتلقى اللقاح ثم تُصاب مع ذلك بالعدوى من بعوضة التقطت الملاريا أولا من شخص ما غير ممنَّع). نعم سينخفض عبء المرض بسبب وجود عدد أقل من النواقل المصابة بالعدوى تطنّ حولنا، وهكذا سيتم إعطاء اللقاح في البداية الباكرة لعدد كبير من الناس، ولكنهم مع ذلك يصابون بالمرض، كما قد تظهر تأثيرات جانبية لدى أناس كانوا يشعرون بأنهم بخير قبل ذلك، وقد يكون ذلك خرقا بصورة ما لأول قاعدة في الطب: «لا تسبب أي أذى».

ومع ذلك، فهناك سابقة لأخذ لقاح بهدف حماية شخص آخر (مثل الرجال الذين يتلقون التمنيع ضد ڤيروس الورم الحليمي البشري: فخطورة أن يُصابوا بالڤيروس قليلة ولا توجد حاجة في البداية إليه، ولكن تلقيهم اللقاح يؤدي إلى حماية اللواتي يشاركنهم في الممارسة الجنسية). وعلى المدى الطويل، فإن لقاحا يعيق سراية العامل المسبب للمرض ربما يكون مساويا أو أكثر فاعلية من لقاح تقليدي يوفِّر المناعة للشخص الذي يتلقّاه. ويقول ‹دينگلازان›: «يقول الناس إنه لا يوجد منفعة مباشرة، ولكن حقيقة هذا الأمر هي أنه هناك نفع، غير أنه مؤجل».

إن مقاربة الأمينوپپتيداز لها منافع لا يمكن أن تضارعها أية خطة أخرى **للتلقيح** vaccination. ولأسباب تقنية، يمكن أن تكون هذه المقاربة أكثر قابلية «للارتقاء»، مما يؤدي إلى أن يكون اللقاح أرخص ثمنا عند إنتاجه على نطاق واسع من اللقاح RTS,S، أو اللقاحات المزروعة في البعوض في شركة

(*) THE "IMMUNOLOGICAL BED NET"

ســاناريا وفي شركة بيوميد في ســياتل. وتبين أن المستضد يظهر فــي جميع أجناس البعوض التي تنقــل الملاريا، ويبلغ عددها بضعة وأربعين جنسا، ولذلك ينبغي أن ينجح في العمل في هذه الأجناس جميعها «فهل هذا من حُســن الحظ؟» يقول ‹دينگلازان›: «نعم إنه من حسن الحظ تماما». وكذلك يبدو أن اللقاح ينجح فــي العمل ضد كل من *المتصورة المنجلية*، وهي النوع الشــائع في إفريقيــا، و***المتصورة النشــيطة*** *P. vivax*، وهي النوع الأكثر شــيوعا في آســيا. أما اللقاح RTS,S فلا يعمل ضد *المتصورة النشيطة*، لأن البروتين CS الذي يستهدفه اللقاح يختلف بين هذين الجنسين من الطفيلي.

إن الاختبارات التي أجراها ‹دينگلازان› على الفئران حتى الآن ضد *المتصورة المنجلية* أظهرت فاعلية قدرها 100% ونسبة إحصائية قدرها 98% في مكافحة *المتصورة النشيطة* الموجودة في تايلاند، وهذه مســألة مهمة لأسباب عملية، لأنه من الناحية المثالية ينبغي أن يكون لقاح الملاريا نافعا في العالم كله. يقول ‹دينگلازان›: «الحقيقة في هذا الأمر أنه سيكون مكلفا جدا أن ننتج العديد من اللقاحات المنفصلة» يلفت ‹دينگلازان› الانتباه، «يعتقــد الناس أن خزائن المانحين (أمثال Warren Buffet وBill gates) لا تنضب، ولكنها ليست كذلك».

ولايزال أمام ‹دينگلازان› طريقا طويلا عليه أن يقطعه قبل أن تنفتح الخزائن على مصاريعها أمامه. ففي الوقت الحالي هو في «مرحلة دراســة الجدوى» فقــط، فهو يحاول أن يرى كمية المستضد التي يمكن لمختبره أن ينتجها، ويقول إنه لابد له مــن الحصول قريبا على نتائج مؤكدة، وعندها سيســمح لنفسه بالتفكير في التطبيقات العملية: هل يمكن أن يستخدم هذا اللقاح ممزوجا باللقــاح RTS,S؟ وما الكمية التي ينبغي على البعوضــة أن تمتصها من مجرى دم الإنســان لتصير مُمَنَّعَة؟ وما الفترة الزمنية التي تلزم لنقل التجارب من الفئران إلى البشر؟

وفــي الوقت الــذي كان على ‹دينــگلازان› أن يجيب عن هذه الأســئلة لاح في الأفق سؤال أكبر: ما الذي نحتاجه في الحقيقة لاســتئصال الملاريا من كل مــكان في العالم، جملة واحــدة وإلى الأبد؟ ومن دون لقاح قــوي، من الممكن بالفعل مكافحــة الملاريا بالناموســيات وبالأدوية التي تســتطيع أن تقي منهــا أو أن تعالجها، مثل الكلوروكين والأرتيميســينين والمالارون، إلا أن إمكانية التخلص منها تماما أمر مستحيل. فالناموسيات تفشل، والبعوض يكتسب المقاومة تجاه مبيدات الحشــرات التي تعالج بها الناموسيات، كما أن المستخدمين قد لا يرغبون في النوم تحت ناموســية مقاومة للملاريا طوال الوقت. «إن قصة الناموسيات جميلة، فهي إذا ما استخدمت في بيئة منضبطة جدا تســتطيع أن تمنع سراية المرض» كما يقول ‹دينگلازان›: «غير أن النــاس يميلون إلى التهاون في اتباع التعليمات. هل عشــت ذات يوم فــي تلك البلاد؟ إنني عشــت هناك. نعم معظم الأطفال ينامون تحت الناموسيات، ولكن الكبار يتعاطون المشــروبات خــارج الأكواخ، والكحول يجعلك أكثر جذبا للبعوض. لقد رأينا الناموســيات المعالجة بالمبيدات تقتل البعوض داخل المساكن ولكن البعوض خارج المساكن يستولي على المحراب».

أما بالنســبة إلى الأدوية الوقائية، فإنها تفيد المســافرين أكثر مما تفيد الناس في العالم النامي: إنها مزعجة ومكلفة، وقد يكون لزامــا علينا أن نتناولها على الدوام. وهناك بعض الخطوات الإضافية التي ساعدت على تخليص العالم المتقدم مــن الملاريا (مثــل تجفيف المســتنقعات، أو الــرش بالمادة الكيميائية DDT على نطاق واســع)، وقد تكون غير عملية في العالم النامي.

ومــرة أخرى، تلك هي الخيــارات المطروحة على الطاولة اليوم. فالعلماء مشــغولون بدراســة **جينوم** genome طفيلي الملاريا وبعض جوانب الجينوم البشري الذي ربما يمنح بعض المقاومة، فقد تأتي تلك المشاريع بنتائج جديدة ومدهشة، حتى إن هناك مناقشــات حول استراتيجيات لمكافحة الملاريا تبدو الآن غريبــة، مثل إطلاق بعوض معــدَّل وراثيا ليكون مقاوما للملاريا في الطبيعة ليتنافس مع النمط البري. وبالطبع، ربما كانــت فكرة أننا على مقربة من أن يكون لدينا لقاح فعال ولو جزئيا ضد الملاريا تبدو غريبة قبل 10 سنوات.

ويقــول ‹دينــگلازان› إن المفتاح هو التأكــد من أن يبقى المجتمــع الصحي في العالم مهيئــا للمضي في طريق طويل، «فالقادة الحاليون لمجتمع الملاريا قالوا لي إنهم لا يعلمون حتى ما إذا كان الجيل الحالي مدركا (للجهود التي تُبْذَل في مجال التلقيح)»، ويضيف: «قد يدرك الجيل القادم ذلك، تلك هي المدة التي نفكر فيها، فهل سيبقى العالم مهتما؟ هل سيبقى منتظرا طوال هذه المدة؟» إلا أن هناك أمرا مؤكَّدا (واحدًا على الأقل) هو أن طفيلي الملاريا سيبقى منتظرا. ■

مراجع للاستزادة


**The Fever: How Malaria Has Ruled Humankind for 500,000 Years.** Sonia Shah. Sarah Crichton Books, 2010.

Malaria Nexus provides access to a selection of relevant journal articles from Elsevier. Available at **www.malarianexus.com**

The Centers for Disease Control and Prevention's malaria page offers a variety of educational resources: **www.cdc.gov/malaria**



***Scientific American,*** **November 2010**

# تحيا الوِبْ[*]

## *إن الوِب web أساسية، ليس للثورة الرقَمية فحسب وإنما أيضا من أجل استمرار رخائنا، وحتى حرِّيتنا. وكالديموقراطية، تحتاج الوِب إلى حمايتها.*

<T. برنَرز-لي>

انطلقت **الوِب (الشبكة العنكبوتية العالمية)** the web إلى الوجود من **حاسوبي المكتبي المادِّي**[1] physical desktop في جنيف بسويسرا، في الشهر 1990/12. وكانت تتألف من **موقع وِب** web site واحد **ومتصفِّح واحد** one browser تصادف وجودهما على الحاسوب نفسه. وقد أَظهرَت تلك التركيبة البسيطة مفهوما جوهريا تمثَّل بأنَّ أيَّ شخص يستطيع مشاركة أيِّ شخص آخر في المعلومات حيثما وُجِد. ومن هذا المنطلق، انتشرت الوِب انتشارا سريعا بين الناس جميعا. وها هي اليوم، في الذكرى السنوية العشرين (في عام 2010) لانطلاقتها، باتت جزءا لا يتجزَّأ من حياتنا اليومية، وصار وجودها شيئا مسلَّما به ومتوقَّعا في كل زمان ومكان، تماما كالكهرباء.

وتطوَّرت الوِب تدريجيا لتصبح أداة فاعلة واسعة الانتشار لأنها أُقيمت على مبادئ المساواة، ولأن آلافا من الأفراد والجامعات والشركات عملوا فرادى ومجتمعين، بوصفهم جزءا من **اتحاد الوِب العالمي**[2]، على توسيع قدراتها بالاعتماد على تلك المبادئ.

إلا أن الوِب، بشكلها الحالي، مهدَّدةٌ بطرائق شتى. فقد بدأ بعض أنجح مستخدِميها بتقويض مبادئها، وتقوم مواقع **شبكات تواصل اجتماعي**[3] كبيرة بحجب المعلومات المرسَلة إليها من مستخدميها عن بقية الوِب. وينزع مزوِّدو خدمة الإنترنت اللاسلكية إلى عرقلة الحركة باتجاه المواقع التي لا تربطهم بها مصالح. وتقوم الحكومات، الديكتاتورية والديموقراطية على حد سواء، بمراقبة عادات الناس على الإنترنت، معرِّضة حقوق الإنسان المهمة للخطر.

فإذا سمحنا، نحن - مستخدمي الوِب - لهذه النزعات وغيرها بالاستمرار من دون رقابة أو ردع، فإن الوِب سوف تتشظَّى إلى جزر متناثرة، وسوف نفقد حرية النَفاذ إلى المواقع التي نريدها. ويمكن لتلك المفاعيل السلبية أن تمتد لتصل إلى الهواتف الذكية و**الهواتف المحوسبة**[4] pads التي تُعَدُّ أيضا بوّابات للنفاذ إلى كميات المعلومات الهائلة التي توفرها الوِب.

ما الذي يحملك على الاهتمام بهذا الأمر؟ الجواب هو أن الوِب تخصُّك. فهي مورد عام تعوِّل عليه أنت ومؤسَّستك ومجتمعك وحكومتك. وهي مهمة أيضا للديموقراطية، لأنها قناة تواصل تتيح التخاطب المستمر عبر العالَم. وهي اليوم أكثر أهمية لحرية التعبير من جميع وسائل الإعلام الأخرى. فهي تجلب المبادئ المترسخة في دستور الولايات المتحدة وفي **الوثيقة العظمى للحريات البريطانية**[5]، وفي

(*) LONG LIVE THE WEB
(١) physical: أي غير الافتراضي.
(٢) World Wide Web Consortium (W3C): الهيئة التي تُدير وضع وتطوير معايير شبكة الوِب العالمية.
(٣) social-networks
(٤) فئة من الهواتف اللويحية تقع بين الهواتف الذكية والحواسيب.
(٥) British Magna Carta: وثيقة الحقوق السياسية التي منحها الملك <جون> في عام 1215 للنبلاء الإنجليز المتمردين. (التحرير)

### باختصار

**يتيح مبدأُ الشمولية للوِب أن تعمل مهما كانت العتاديات الحاسوبية أو البرمجيات أو وسائط الاتصال أو اللغة المستعملة، ويَسمح لها بالتعامل مع المعلومات بمختلف أنواعها. وهذا هو المبدأ الذي يقوم عليه تصميم تقانة الوِب.**

**تمكِّن المعايير (المقاييس) standards التقنية المجانية المفتوحة الناس من إنشاء تطبيقات من دون الحاجة إلى استئذان أيِّ جهة أو تكبُّد أيِّ نفقات. أما براءات الاختراع المحمية، وخدمات الوِب التي لا تَستعمل معرِّفات الموارد الشاملة الشائعة للعنونة، فإنها تحدُّ من روح الابتكار.**

**تمثِّل التهديدات التي تحيق بالإنترنت، ومنها تدخُّل الشركات والحكومات في حركة الإنترنت والتلصُّص عليها، انتهاكا لحقوق الإنسان الأساسية في الشبكة.**

**لا سبيل إلى ازدهار تطبيقات الوِب، والبيانات المترابطة، وتقانات الوِب المستقبلية الأخرى إلا بحماية المبادئ الأساسية التي تقوم عليها الإنترنت.**



المؤلف

**Tim Berners-Lee**

*مُخترع شبكة الوِب العالمية، وهو حاليا مدير اتحاد الوِب العالمي المتمركز بمعهد ماساشوستس للتقانة في الولايات المتحدة. وهو أيضا أستاذ هندسة في المعهد نفسه، وأستاذ للإلكترونيات وعلوم الحاسوب بجامعة ساوثهامبتون بإنكلترا.*



غيرها من الوثائق المهمة إلى عصر الشبكات، من دون أن يكون ثمة تلصُّص عليها، أو تغيير لمحتواها، أو رقابة عليها، أو حجب لها.

ومع ذلك، يظن الناس، على ما يبدو، أن الوِب هي شيء من الطبيعة، وإذا بدأتْ بالذبول فإن ذلك لا يعدو أن يكون من جملة الأمور المؤسفة التي لا سبيل إلى تداركها. ولكن الأمر ليس كذلك. فنحن نُنشئ الوِب بتصميم بروتوكولاتها وبرمجياتها الحاسوبية، وهذه عمليّة تقع بكاملها تحت سيطرتنا. ونحن ننتقي الخصائص التي نرغب في أن تتضمنها الوِب أوْ لا تتضمنها، مع أن هذا عمل لم يكتمل بعد (ولكنه مستمر من دون شك). وإذا أردنا تتبُّع ما تفعله الحكومات، ورؤية ما تقوم به الشركات، وفهم الحالة الفعلية لكوكبنا، والعثور على علاج لداء الألزهايمر، إضافة إلى التشارك في الصور مع أصدقائنا بسهولة، فإن علينا، نحن - عامة الناس - وعلى المجتمع العلمي والإعلام، ضمان بقاء مبادئ الوِب سليمة، لا لمجرَّد المحافظة على ما حصلنا عليه، بل للانتفاع من التطوُّرات العلمية القادمة الكبرى.

## الشمولية هي الأساس(*)

ثمة مبادئ مفتاحية عدة تضمن التزايد المستمر لأهمية الوِب ودورها. وأحد المبادئ التصميمية الرئيسية الذي يقومِ عليه تطوُّر الوِب وفائدتها هو الشمولية التي تنطوي على أنه حينما تقيم اتصالا، فإنك تستطيع الاتصال بأيِّ شيء. وهذا يعني أن الناس يجب أن يكونوا قادرين على وضع أيِّ شيء في الوِب، مهما كانت أنواع الحواسيب التي يمتلكونها أو البرمجيات التي يستعملونها أو اللغة التي يتكلمونها، وبصرف النظر عن كون اتصالهم بالإنترنت سلكيا أو لاسلكيا. ويجب أن تكون الوِب متيسرة للمعوقين أيضا. ويجب أن تعمل مع أي شكل للمعلومات، سواء أكان وثيقة أم بيانات قياسات معينة، وبأي نوعية لها، من الأغنية البسيطة حتى المقالة العلمية الرصينة. ويجب أن يكون النفاذ إليها ممكنا من أي نوع من العتاديات الحاسوبية القابلة للاتصال بالإنترنت، سواء أكانت ثابتة أم متحركة، وذات شاشة صغيرة أم كبيرة.

قد تبدو هذه الخصائص بديهية أو تحصيل حاصل أو عديمة الأهمية. ولكنها في واقع الأمر هي ما سوف يجعل موقع الوِب الرائد القادم أو **صفحة الموطن**(1) homepage الجديدة لفريق كرة القدم المحلي المفضل لدى

(*) UNIVERSALITY IS THE FOUNDATION

(1) الصفحة الأساسية الأولى من موقع الوِب، ومنها يمكن الانتقال إلى صفحات الموقع الأخرى. (التحرير)

طفلك يَظهران على الشاشة دون أي صعوبة. إن الشمولية متطلَّب مهم لأيِّ نظام.

و**اللامركزية** decentralization هي سمة أخرى من سمات التصميم المهمة. ليس عليك الحصول على موافقة أيِّ جهة مركزية لإضافة صفحة إلى الوب أو إنشاء **رابط** link فيها، وكل ما عليك فعله هو استعمال ثلاثة بروتوكولات قياسية بسيطة: اكتب صفحةً باستعمال **لغة تأشير النصوص المترابطة**[١] HTML، وأعطِها اسما باستعمال **معرِّف الموارد الشامل**[٢] URI، واعرضْها في شبكة الإنترنت باستعمال **بروتوكول نقل النصوص المترابطة**[٣] HTTP. لقد جعلت اللامركزيةُ الابتكاراتِ الواسعة النطاق ممكنةً، وسوف تستمر بذلك في المستقبَل.

يُعَدُّ المعرِّف URI مفتاح الشمولية. (في البداية أَطلق على هذا النظام الاسم URI، أي معرِّف الموارد الشامل، وهو يُعرَف اليوم بـ «**عنوان المورد النظامي**»[٤] URL). وهو يتيح لك اتباع أيِّ رابط، بصرف النظر عن المحتوى الذي يقود إليه، أو الجهة التي نشرت ذلك المحتوى. والروابط تحوِّل محتوى الوِب إلى مادة أعلى قيمة: تتمثل بفضاء معلوماتي مترابط.

لقد ظهرت مهددات عدة لشمولية الوب في الآونة الأخيرة. فشركات **التلفزة الكبلية**[٥]، التي تبيع خدمة الاتصال بالإنترنت، تنظر في تقييد زبائنها بتحميل باقة البرامج الترفيهية الخاصة بها فقط. وتطرح مواقع شبكات التواصل الاجتماعي مشكلة من نوع آخر. فالمواقع: **فَيْسبوك** Facebook و**لينكدإن** LinkedIn و**فريندستر** Friendster وغيرها تحقق مكاسب عادة بالتقاطها المعلومات أثناء إدخالك إياها إلى الوِب، ومن تلك المعلومات تاريخ ميلادك، وعنوانك الإلكتروني، ورغباتك المفضَّلة، والروابط التي تدل على صداقاتك وعلى هويات من يظهر في صورك الفوتوغرافية. ومن ثم تجمِّع تلك الشذرات من البيانات في قواعد بيانات ذكية، وتستعملها لتقديم خدمات ذات قيمة مضافة، ولكنْ ضمن حدود مواقعها حصرا. وعندما تُدخِل بياناتك إلى أحد تلك المواقع، لا يُمكنك استعمالها بسهولة في موقع آخر. فكلُّ موقع منها هو صومعة معزولة ومحجوبة عن سائر المواقع الأخرى. صحيح إن صفحات موقعك باتت على الوِب، ولكنَّ بياناتك ليست هناك. بإمكانك النفاذ إلى صفحةِ وِب تحتوي على قائمة بأسماء أشخاص أنشأتَها في موقع ما، ولكنك لا تستطيع إرسال تلك القائمة، أو شطرٍ منها، إلى موقع آخر.

وتحصل هذه العزلة بسبب عدم احتواء أجزاء المعلومات على المعرِّف URI، وهذا يؤدي إلى انعدام إقامة الاتصالات فيما بين البيانات إلا ضمن حدود موقع معيَّن. لذا كلما أدخلت مزيدا من المعلومات، أصبحت أشد أَسْرا. ويتحوَّل موقع تواصل الاجتماعي إلى منصَّة مركزية، أي إلى صومعة معزولة للمحتوى لا تمنحك سيطرة كاملة على معلوماتك الموجودة فيها. وكلما تنامى استعمال هذا النوع من البنيان، تزايد تشظِّي الوِب، وتناقص استمتاعنا بفضاء معلوماتي شامل متكامل.

ومن الأخطار ذات الصلة أيضا أن يتضخَّم موقعٌ للتواصل الاجتماعي، أو محرِّك بحث أو متصفِّح ما، إلى حد يصبح عنده حكرا لجهة ما، ومن شأن هذا أن يحدَّ من روح الابتكار. لذا، وكما كان الحال منذ انطلاق الوب، قد يكون الإبداع المستمر من قبل عامة الناس خيرَ طريقة للرقابة المتوازنة في مواجهة أي هيئة أو حكومة تحاول تقويض الشمولية. إن البرنامجين GnuSocial وDiaspora هما مشروعان في الوِب يمكِّنان أيَّ شخص من إنشاء شبكة تواصل اجتماعي تخصه من مخدِّمه الخاص، والاتصال بأيِّ شخص في أيِّ موقع آخر. والمشروع Status.net، الذي يشغيل مواقع من مثل identi.ca، يتيح لك تشغيل شبكتك Twitter-link من دون مركزية هذه الشبكة.

## المعايير المفتوحة تحفِّز الابتكار[*]

إن تمكين أيِّ موقع من الاتصال بأيِّ موقع آخر شيء ضروري، ولكنه غير كافٍ لقيام وِب منيعة قوية. ولا بدَّ من توفير تقانات وِب أساسية، مجانا ومن غير تبعات مالية، لتمكين الأفراد والشركات من تطوير خدمات فاعلة. وعلى سبيل المثال، تنامى الموقع Amazon.com ليصبح دارا ضخمة لبيع الكتب على الإنترنت، ثم متجرا لبيع الموسيقى، ثم متجرا لبيع شتى ضروب السلع، وذلك لأنه يتمتع بنفاذ مجاني مفتوح إلى **المعايير (المقاييس) التقنية** technical standards التي تعمل الوب وفقا لها. إن الموقع Amazon، شأنَه شأن أي مستخدم آخر للوِب، يستطيع استعمال لغة تأشير HTML، والمعرِّف URI، والبروتوكول HTTP من دون حاجة إلى الحصول على موافقة أيِّ جهة، ومن دون مقابل. ويستطيع أيضا استعمال **تحسينات المعايير** standards developed التي وضعها اتحاد الوِب العالمي والتي تتيح للزبائن مَلْءَ استمارات طلبات شراء

(*) OPEN STANDARDS DRIVE INNOVATION

(١) hypertext markup language: لغة تتضمن مجموعة من الملاحظات والقواعد تُستعمل لتطوير النصوص المترابطة.

(٢) universal resource identifier: متوالية محرفية لتعيين هوية مورد في الإنترنت.

(٣) hypertext transfer protocol: البروتوكول المستعمل للنفاذ إلى المعلومات الموجودة في الوِب.

(٤) uniform resource locator

(٥) cable television

افتراضية، والدفع عبر الإنترنت، وإبداء الرأي بالسلع التي يشترونها ..إلخ.

أعني **بالمعايير المفتوحة** open standards معايير قام بتصميمها خبراء موثوق بهم، وباتت مقبولة بعد التدقيق الشامل فيها، وأصبحت متاحة في الوب مجانا من دون مقابل. إن المعايير المجانية المفتوحة السهلة الاستعمال هي التي تؤدي إلى ذلك التنوُّع الكبير في أنواع مواقع الوب، من تلك ذات الأسماء اللامعة مثل Amazon و Craigslist و Wikipedia، مرورا بالمدوَّنات المغمورة التي يكتبها هواة بالغون، وانتهاء بأفلام الڤيديو المنزلية التي يرسلها إلى الوب فتيان مراهقون.

ويعني الانفتاح أيضا أن تستطيع إنشاء موقع أو شركة لك في الوب من دون حاجة إلى موافقة أحد. عندما أطلقتُ الوب أول مرة، لم يكن عليَّ الحصول على إذن من أحد، أو دفع رسوم مقابل استعمال معايير الإنترنت المفتوحة، ومنها **بروتوكول التحكُّم في الإرسال** (TCP)[1] الشهير **وبروتوكول الإنترنت** (IP)[2]. وبالمثل، تنص سياسة براءات الاختراع المجانية التي ينتهجها اتحاد الوب العالمي على أنه يتعيَّن على الشركات والجامعات والأفراد الذين يسهمون في تطوير معيار ما التعهُّد بعدم فرض رسوم على أيِّ جهة قد تستعمل هذا المعيار.

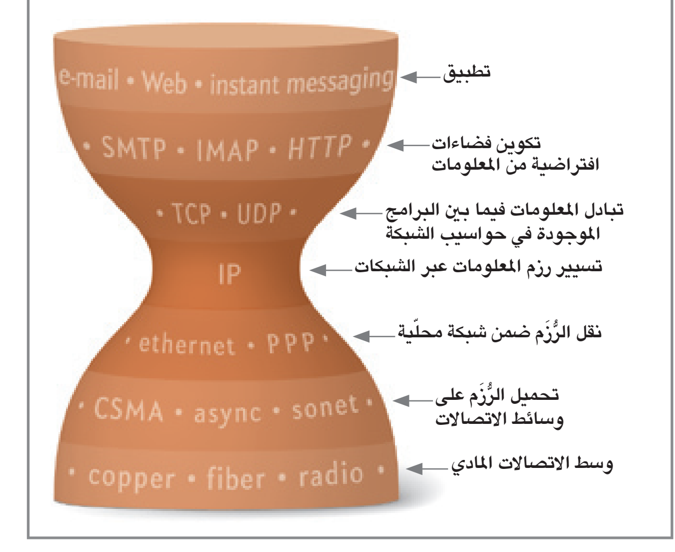
إلا أن المعايير المجانية المفتوحة لا تعني أنه لا يجوز لمؤسسة أو لفرد تطوير برامج للتدوين أو لتشارك الصُّوَر ومطالبتك برسم مقابل استعماله. إن المطالبة هنا ممكنة. وقد تكون أنت راغبا في الدفع مقابل البرنامج إذا رأيت أنه «أفضل» من غيره. إن المهم هنا هو أن المعايير المفتوحة تتيح خيارات متعدِّدة، مجانية وغير مجانية.

وبالفعل، يُنفق كثير من الشركات أموالا على تطوير تطبيقات استثنائية الأهمية، لأنها على قناعة بأن تلك التطبيقات سوف تصلح للجميع، مهما كان العتاد الحاسوبي أو نظام التشغيل أو مزوِّد خدمة الإنترنت المستعمل، وقد أضحى كلُّ ذلك ممكنا بفضل معايير الوب المفتوحة. وهذه القناعة نفسها هي التي تشجِّع العلماء على صرف آلاف الساعات لابتكار قواعد بيانات مدهشة تستطيع التشارك في معلومات عن البروتينات، مثلا، أملا بإيجاد علاجات للأمراض. وهي التي تحمل حكومات دول كالولايات المتحدة الأمريكية والمملكة المتحدة على وضع مزيد من البيانات في الإنترنت لتمكين المواطنين من التدقيق فيها، وهذا ما يزيد من شفافية الحكومة. وتساعد المعايير المفتوحة أيضا على تنمية روح الإبداع التلقائي، لأن البعض يمكن أن يستعملها بطرائق لم تخطر على بال أحد من قبل.

آلية العمل

## وب أم إنترنت؟(*)

**الوب هي تطبيق يعمل في شبكة الإنترنت. والتراسل الآني[3] هو تطبيق يعمل فيها أيضا. أما الإنترنت، فهي شبكة إلكترونية تقسِّم معلومات التطبيق إلى رُزَم، وتنقلها بين الحواسيب على وسائط سلكية ولاسلكية وفقا لبروتوكولات (قواعد) بسيطة يُعبَّر عنها بمصطلحات متنوعة. ويمكن النظر إلى الإنترنت والتطبيقات على أنها كُدسة من الطبقات المفاهيمية التي يَستعمل كلٌّ منها خدمات الطبقة التي تحتها. ويمكن تصوُّر التطبيقات على أنها أدوات منزلية تستمد طاقتها من الشبكة الكهربائية بالطريقة المعتادة.**




ونحن نكتشف ذلك في الوب كل يوم.

وفي المقابل، يؤدي الإحجام عن تطبيق المعايير المفتوحة إلى عوالم مغلقة. فالنظام iTunes من الشركة apple، مثلا، يُعرِّف الأغاني ومقاطع الڤيديو باستعمال معرِّفات موارد شاملة مفتوحة، تستخدم عناوين تبدأ بـ "itunes:" بدلا من "http:"، وتلك العناوين محمية المُلكية. عندئذ لا تستطيع النفاذ إلى أيِّ رابط "itunes:" إلا باستعمال البرنامج iTunes المحمي المُلكية. ولا تستطيع النفاذ إلى أيِّ معلومات، من قبيل أغنية أو معلومات عن فرقة غناء، في عالَم iTunes، ولا تستطيع إرسال تلك المعلومات إلى غيرك ليطَّلع عليها. فقد أصبحتَ خارج الوب، لأن عالَم iTunes هو عالَم مركزيٌّ منغلق. وغدوتَ حبيس متجر وحيد، بدلا من أن تكون في رحاب سوق مفتوحة. ويبقى تطوُّر المتجر، بكل ما فيه من مزايا رائعة، محدودا بما ترتئيه الشركة.

وتقوم شركات أخرى أيضا بتكوين عوالِم مغلقة. وعلى سبيل المثال، يُعدُّ التوجُّه نحو إيجاد «تطبيقات» لقراءة

(*) Web or Internet?
(١) transmission control protocol: بروتوكول الاتصال بين الحواسيب، وقد أضحى معيارا لتراسُل البيانات عبر الشبكات ومنها الإنترنت.
(٢) Internet protocol
(٣) instant messaging: استعمال الحواسيب ومعدَّات اتصالات البيانات للتراسل الآني، ومن أمثلته الدردشة والاتصال الهاتفي المرئي. (التحرير)

## الوب المستقبلية قَيد التكوين(*)

**ثمة عدة توجُّهات مثيرة قيد التنفيذ، تقوم على المبادئ الأساسية للوب، ومن شأنها أن تغيِّر آلية عالَم الإنترنت والعالَم الواقعي. انظر «مراجع للاستزادة» في آخر المقالة للحصول على رابط يتيح لك الاطلاع على تعليقات وعروض مرئية عن هذه التوجُّهات الأربعة:**

### بيانات مفتوحة

إن وضع البيانات على الوب وربطها معا يمنح الناس، حيثماَ وُجدوا، قدرات دينامية جديدة. فقد ساعدت تلك البيانات الدرَّاجين فعلا على تجنب الحوادث في لندن، وكشفت عن التمييز العِرقي في ولاية أوهايو، وساعدت فرق الإنقاذ على تقديم العون لمنكوبي زلزال هايتي الهائل الذي وقع في الشهر 2010/1.

### آلات اجتماعية

يُرسل كثير من الناس إلى الوب آراء عن المطاعم التي يرتادونهاَ مع تقييمات لها، فتؤثِّر تلك التقييمات في خيارات الزبائن الآخرين المستقبلية. وهذه الأنشطة هي مثال للآلة الاجتماعية. وثمة آلات اجتماعية أكثر تعقيدا قيد التصميم يمكن أن تحسِّن طرائق ممارسة العمل العلمي وتحقيق الديموقراطية.

### علْم الوب

لم نحقِّق في الواقع سوى النَّزر اليسير في فهمنا للآلية التي تجسِّد بها الوب العالَم الحقيقي وترسم معالمه. وقد بدأ علم الوب، وهو تخصُّص جديد يمارَس اليوم في هيئات علمية مختلفة، بالكشف عن أفكار مدهشة في تصميم الوب وعملها ومفعولها في المجتمع.

### عرض حزمة ترددية مجاني

قلةٌ هم القادرون على تحمُّل أجور النفاذ إلى الإنترنت في البلدان النامية. ولا شك في أن وجود خدمة مجانية بحزمة ترددية ضيقة جدا يمكن أن يحسِّن مستوى التعليم والصحة والاقتصاد في تلك البلدان إلى حدٍّ بعيد، وأن يشجِّع في الوقت نفسه بعض الأفراد على الارتقاء إلى خدمة أسرع، مدفوعة الأجر.





المجلات بواسطة أجهزة الهاتف الذكي بدلا من قراءتها في الوب أمرا مقلقا، لأن تلك المادة تبقى خارج الوب، ولا يمكن ربطها **بعلام**[1] فيها، أو إرسال عنوان صفحة منها بالبريد الإلكتروني. ولا يمكنك إرسالها إلى **تويتر** Twitter. وما هو أجدى من ذلك هو إنشاء تطبيقات وب تعمل أيضا في متصفحات الهاتف الذكي، وتقنيات تحقيق ذلك تشهد تحسُّنا مطَّردا.

قد يظن البعض أن العوالم المغلقة رائعة. فهي سهلة الاستعمال، وقد تبدو أنها توفِّر لهم ما يريدونه. ولكن وفقا لما رأيناه في تسعينات القرن الماضي، من خلال نظام معلومات النفاذ إلى الإنترنت هاتفيا والمعروف بـ America Online، الذي كان يتيح النفاذ إلى مجموعة جزئية محدودة من الوب، فإن هذه «الرياض الحصينة» المغلقة، بكل ما فيها من مَسرَّات، لا يمكن أن تنافس من حيث التنوُّع والغنى والإبداع سوق الوب الرحيبة المفتوحة النابضة بالحياة خارج بواباتها. ولكن إذا كانت الروضة الحصينة قابضة على السوق بإحكام، أمكنها تأخير ذلك النمو الذي في الخارج.

## دعِ الوب منفصلة عن الإنترنت(**)

إن الإبقاء على الوب شمولية، وعلى معاييرها مفتوحة، يساعد الناس على ابتكار خدمات جديدة. وثمة مبدأ ثالث أيضا، يتمثَّل بفصل الطبقات، ويعزل تصميم الوب عن تصميم الإنترنت.

إن هذا الفصل شيء جوهري. فالوب هي تطبيق يعمل ضمن الإنترنت، والإنترنت هي شبكة إلكترونية تنقل **رُزَما** packets من المعلومات بين ملايين الحواسيب وفقا لبضعة بروتوكولات مفتوحة. ويمكن تمثيل الوب بأداة منزلية تغذِّيها شبكة الكهرباء. فالثلاجة أو الطابعة تستطيع أن تعمل ما دامت تَستعمل بضعة من البروتوكولات المقيَسة، من قبيل العمل بجهد كهربائي يساوي 120 فلطا وبتردُّد يساوي 60 هرتزا في الولايات المتحدة. وبالمثل، يمكن لجميع التطبيقات، ومنها الوب أو البريد الإلكتروني أو **التراسُل الآني**[2]، أن تعمل ضمن الإنترنت ما دامت تَستعمل بضعة بروتوكولات مقيَسة مثل البروتوكول TCP والبروتوكول IP.

ويمكن لصنِّعي الثلاجات والطابعات تحسين منتجاتهم من دون تغيير آلية عمل الكهرباء، ويمكن لشركات مرافق الكهرباء تحسين الشبكة الكهربائية من دون المساس بآلية عمل الأجهزة الكهربائية. إن طبقتي التقانة هاتين تعملان معا، لكنهما تتطوَّران منفردتَيْن. والشيء نفسه ينطبق

(*) The Future Web in Action

(**) KEEP THE WEB SEPARATE FROM THE INTERNET

(١) bookmark: وضع مؤشرة في كتاب لتعيين موضع معين فيه؛ أو اختزان عنوان بريدي إلكتروني في ذاكرة الحاسوب.

(٢) instant messaging: استعمال الحواسيب ومعدَّات اتصالات البيانات للتراسل الآني، ومن أمثلته الدردشة والاتصال الهاتفي المرئي. (التحرير)

تماما على الوب والإنترنت، حيث يُعتبر فصل الطبقات عاملا مهما للابتكار. وفي سنة 1990 انتشرت الوب في الإنترنت من دون إدخال أيِّ تغييرات في الإنترنت نفسها، وكان هذا هو حال جميع التحسينات منذئذ. وفي الوقت نفسه تزايدت سرعة نقل البيانات في الإنترنت من 300 بت في الثانية (بت/ثا) إلى 300 مليون بت/ثا (ميگابت/ثا)، من دون حاجة إلى إعادة تصميم الوب للاستفادة من تلك التحسينات.

## حقوق الإنسان الإلكترونية(*)

صحيحٌ إن الإنترنت والوب منفصلتان تصميميا، إلا أن مستخدم الوب هو مستخدمٌ للإنترنت أيضا، ولذا فهو يعتمد على إنترنت خالية من التدخُّل في شؤونها. وفي أيام الوب الأولى، كان من العسير جدا، من الناحية التقنية، على هيئة أو دولة التحكم في الإنترنت والتدخُّل في أنشطة مستخدمي الوب إفراديا. ولكنَّ تقانة التدخُّل أضحت أكثر فاعلية فيما بعد. ففي سنة 2007، قامت الشركة BitTorrent، التي يتيح بروتوكولها الخاص بشبكة «**النِّد-للنِّد**»[1] للمستخدمين التشارك في ملفات الموسيقى والڤيديو وغيرها عبر الإنترنت مباشرة، بالاحتجاج لدى **مفوَّضية الاتصالات الاتحادية**[2] الأمريكية على الشركة العملاقة Comcast، وهي **مزوِّد خدمات إنترنت**[3]، لقيامها بإعاقة أو إبطاء حركة المشتركين الذين كانوا يستعملون **البروتوكول** BitTorrent. فطلبت المفوَّضية إلى شركة Comcast الكفَّ عن ممارساتها تلك. ولكن محكمة اتحادية قضت في الشهر 2010/4 بأن المفوَّضية ليست مخوَّلة بطلب ذلك من شركة Comcast. يُشار في هذا السياق أيضا إلى أن مزوِّد الخدمة الجيد غالبا ما يُنظم الحركة بإهمال أجزائها القليلة الأهمية عندما يكون ثمة نقص في عرض النطاق المتاح، ويفعل ذلك على نحو معلن لجميع المستخدمين. وثمة فارق جليٌّ بين هذا الإجراء وبين استعمال السُّلطة نفسها للتمييز بين المستخدمين.

يُبرز هذا التفريق مبدأ حيادية الشبكة الذي ينص على أنه إذا دفعتُ (أنا) مالا مقابل اتصال بالإنترنت ذي جودة معيَّنة، وليكن بمعدَّل 300 ميگابت/ثا مثلا، ودفعتَ (أنت) أيضا مقابل المستوى نفسه من الاتصال، تعيَّن أن يتصف اتصال كل منا بتلك الجودة. إن حماية هذا المبدأ حَرِيَّةٌ بمنع مزوِّد خدمات إنترنت كبير من أن يرسل إليك مادة ڤيديوية من شركة صوتيات ومرئيات يمتلكها بمعدَّل 300 ميگابت/ثا، وأن يرسل مادة ڤيديوية من شركة أخرى منافسة بمعدَّل أبطأ، مؤديا إلى نوع من التمييز التجاري. وقد تنشأ عن عدم الحياد تعقيدات أخرى أيضا. فماذا يحصل إذا يَسَّر مزوِّد الخدمة اتصالك بمتجر معيَّن لبيع الأحذية في الإنترنت وأعاق وصولك إلى متاجر أخرى؟ ماذا يحصل إذا أعاق مزوِّد الخدمة وصولك إلى مواقع وب تخص أحزابا سياسية معينة أو مذاهب دينية بعينها، أو مواقع تتناول موضوعات في النشوء والارتقاء الدارويني مثلا؟

ومن المؤسف أن الشركتين Google وVerizon اقترحتا، لسبب ما، في الشهر 2010/8 عدم تطبيق مبدأ حيادية الشبكة على الاتصالات القائمة على الهواتف الجوّالة. إن كثيرا من الناس القاطنين في المناطق الريفية، من ولاية أوتا الأمريكية إلى أوغندا، يَنفُذون إلى الإنترنت عن طريق الهواتف الجوّالة فقط، ومن شأن استثناء الاتصالات اللاسلكية من الحيادية أن يجعل هؤلاء المستخدِمين عرضة للتمييز في الخدمة. إن من العجيب فعلاً أن أتخيَّل أن حقِّي الأساسي في النفاذ إلى مصدر معلومات أختاره يكون مصونا عندما أستعمل حاسوبي الشخصي الموصول **بالشبكة اللاسلكية المحلية** WiFi[4] في المنزل، وغير مصون عندما أستعمل هاتفي الخلوي.

إن شبكة الاتصالات الحيادية هي أساس اقتصاد السوق التنافسية العادلة، وأساس العلم والديموقراطية. وقد عاد الجدل إلى الظهور ثانية في عام 2009 بخصوص سَنِّ تشريع حكومي لحماية مبدأ حيادية الشبكة، لأن ثمة حاجة ملحة إليه. صحيح إن الإنترنت والوب محسودتان على قلة التشريعات التي تخصهما، إلا أن ثمة قيما أساسية لا بد من صونها قانونيا.

## لا للتلصُّص(**)

ثمة أخطار أخرى تهدِّد الوب وتحصل بسبب العبث

---

(*) ELECTRONIC HUMAN RIGHTS

(**) NO SNOOPING

(١) peer-to-peer network: شبكة حواسيب تستخدم البرنامج نفسَه للاتصال والتشارك في البيانات. ويُعَدُّ كلُّ حاسوب نِدًّا لنظيره من حيث المسؤوليات، وكل حاسوب يعمل مخدِّما لبقية الحواسيب في الشبكة.

(٢) Federal Communications Commission (FCC): الهيئة الأمريكية المسؤولة عن تنظيم الاتصالات الداخلية والدولية، السلكية واللاسلكية.

(٣) Internet Service Provider (ISP): شركة توفِّر خدمات الاتصال بالإنترنت للمشتركين على نطاق محلِّيٍّ ودولي.

(٤) الشبكة WiFi: هي شبكة لاسلكية محلية تستعمل الترددات الراديوية العالية لنقل بيانات رقمية ضمن مسافات لا تتجاوز بضع مئات من الأمتار وتستعمل بروتوكول شبكة الإثرنت، أما التسمية WiFi، فقد أتت من العلامة التجارية المسجلة للشركة WiFi Alliance، وهي تمثل شهادة للمنتجات الخاصة بالشبكات اللاسلكية المحلية WLAN القائمة على المعايير IEEE 802.11. (التحرير)

بالإنترنت، ومنها التلصُّص. ففي عام 2008، ابتكرت الشركة Phorm طريقة لمصلحة أحد مزوِّدي خدمة الإنترنت تمكّنه من الاطلاع خلسة على محتوى رُزَم المعلومات التي ينقلها. وبذلك يستطيع المزوِّد تحديد كل معرِّف موارد شامل يتصفَّحه كل زبون، ومن ثَمَّ يستطيع تحديد هويات المواقع التي يزورها الزبائن، وإعداد إعلانات موجهة إليها.

يكافئ النفاذ إلى معلومات ضمن رزمة في الإنترنت التنصُّت على الهاتف أو فتح رسالة بريدية. وتكشف معرِّفات الموارد الشاملة التي يستعملها الناس عن الكثير من شؤونهم. والشركة التي تشتري الهويات المستنتَجة من معرِّفات الموارد الشاملة الخاصة بمتقدِّمين إلى وظيفة، مثلا، قد تُستعمله أثناء التوظيف لاستبعاد أفراد ذوي آراء سياسية معيَّنة. ويمكن لشركات التأمين على الحياة أن تستعملها أيضا لاستبعاد أولئك الذين تظهر الوِب وجود أعراض لآفات قلبية لديهم، على سبيل المثال. وقد يستغلها الأشرار للانقضاض على ضحاياهم. إن كلا منا سوف يغير طريقة استعماله للوِب كليا لو عرف أن نقراته على الحاسوب يمكن أن تُرصَد وأن بياناته يمكن أن تقع في أيدٍ غريبة.

وتجب حماية حرية التعبير أيضا. فالوِب يجب أن تكون كالصفحة البيضاء، جاهزة للكتابة عليها، من دون قيود على ما يُكتب. ففي بداية عام 2010، اتهمت شركة Google الحكومة الصينية باختراقها قواعد بياناتها للحصول على رسائل البريد الإلكتروني العائدة إلى معارضين لها. وقد حصلت الاختراقات المزعومة بعد أن رفضت الشركة طلب الحكومة الصينية مراقبة وثائق معيَّنة ضمن نسخة اللغة الصينية من محرِّك البحث Google.

ولا يقتصر انتهاك حقوق المواطنين في الوِب على الحكومات الديكتاتورية. ففي فرنسا مثلا، شُرِّع قانون اسمه **هادوپي** Hadopi في عام 2009، سمح لوكالة جديدة تحمل الاسم نفسه، بفصل كل أسرة عن الإنترنت مدة سنة كاملة إذا ما ادعت شركةٌ ما للصوتيات والمرئيات أن أحد أفراد الأسرة قد أقدم على سرقة مقاطع موسيقية أو ڤيديوية تخصها. وبعد اعتراض واسع، طلب المجلس الدستوري الفرنسي في الشهر 2010/10 إلى أحد القضاة مراجعة قضية من هذا القبيل قبل تنفيذ عملية الفصل. لو أُقِرَّ التنفيذ، لفُصلت الأسرة من دون أن تتمتع بحماية مبدأ الحد من **سلطة القانون**(1). وفي المملكة المتحدة، يتيح قانون الاقتصاد الرقمي، الذي أُقِرَّ على عَجَل في الشهر 2010/4، للحكومة أن تأمُر مزوِّدي خدمة الإنترنت بإلغاء اشتراك أي شخص يَظهر اسمه في لائحة المشتبَه في انتهاكهم لحقوق النشر. وفي الولايات المتحدة، أقرَّ مجلس الشيوخ في الشهر 2010/9 قانون مكافحة انتهاك الوِب و**التزوير**(2)، الذي يسمح للحكومة بإنشاء لائحة سوداء بمواقع الوِب المتهمة بالانتهاك والموجودة ضمن الولايات المتحدة أو خارجها، والطلب إلى جميع مزوِّدي الخدمة حجب النفاذ إلى تلك المواقع والضغط عليهم لتنفيذ ذلك.

وفي جميع تلك الحالات، ليس ثمة ما يحمي الناس قانونيا من فصلهم عن الشبكة، أو من حجب مواقعهم. حسبك أن تستعرض الجوانب الكثيرة لأهمية الوِب في حياتنا وأعمالنا لتدرك أن الفصل عنها يمثِّل نوعا من سلب الحرية الشخصية. وبالعودة إلى الوثيقة العظمى للحريات، قد يكون من الواجب علينا اليوم أن نؤكِّد أنه «لا يجوز حرمان فرد أو هيئة من إمكان الاتصال بالغير من دون الحماية من سلطة القانون الجائرة والأخذ بقرينة البراءة حتى **الإدانة**(3)».

حينما تُنتهك حقوق الفرد في الوِب، يصبح الاحتجاج الشعبي على درجة عالية من الأهمية. وقد احتجَّ الناس في شتى أنحاء العالَم على مطالب الصين من شركة Google إلى درجة دَفَعت وزيرة الخارجية الأمريكية «هيلاري كلينتون» إلى القول إن الحكومة الأمريكية تؤيِّد رفض شركة Google الإذعان إلى الطلب، وأن حرية الإنترنت، ومعها حرية الوِب، يجب أن تصبح مبدأ رسميا في السياسة الأمريكية الخارجية. يُذكَر هنا أن فنلندا جعلت في الشهر 2010/10 النفاذ العريض الحزمة بسرعة 1 ميگابت/ثا حقا قانونيا لجميع مواطنيها.

## ارتباط بالمستقبل(*)

ما دامت المبادئ الأساسية للوِب مصونة ومحترمة، فإنَّ تطوُّرها المستمر لن يكون حِكْرًا على أي شخص أو مؤسسة، سواء كانت مؤسستي أو مؤسسة غيري. وإذا استطعنا الحفاظ على تلك المبادئ، فإن الوِب تنطوي على بعض الإمكانات المستقبلية الواعدة.

على سبيل المثال، ليس أحدث إصدار للغة التأشير

(*) LINKING TO THE FUTURE

(1) due process (of law): مفهوم قانوني يحمي المواطنين من تطبيق القانون عليهم بطريقة جائرة.

(2) Combating Online Infringement and Counterfeits Act.

(3) presumption of innocence: افتراض براءة المتَّهم حتى قيام الدليل الكافي على إدانته. (التحرير)

HTML، المسمّى HTML5، مجرَّد لغة تأشير، بل منصَّة حوسبة سوف تجعل تطبيقات الوب أكثر فاعلية مما هي عليه حاليا. وسوف يجعل انتشارُ أجهزة الهواتف الذكية الوب أكثر أهمية في حياتنا. وسيكون النفاذ اللاسلكي إلى الوب نعمة كبرى للبلدان النامية، على وجه الخصوص، حيث يفتقر كثير من الناس إلى إمكان الاتصال السلكي، ولكنهم يمتلكون وسائل الاتصالات اللاسلكية. طبعا، ثمة الكثير مما يجب فعله، كإتاحة النفاذ للأفراد المعوقين جسديا، وابتكار صفحات تعمل جيدا على شاشات من مختلف الأنواع: من الشاشات الجدارية العملاقة الثلاثية الأبعاد، حتى النوافذ التي بحجم ساعة اليد.

ويتجلى أحد الأمثلة العظيمة لبشائر المستقبل الواعدة التي تعزِّز تلك المبادئ في **البيانات المترابطة**[1]. فالوب الحالية تُعتبر ذات كفاءة جيدة من حيث مساعدة الناس على نشر الوثائق والبحث عنها، أما برامج حواسيبنا فهي غير قادرة على قراءة أو معالجة البيانات الفعلية المتضمَّنة في تلك الوثائق. وعندما تُحَل تلك المشكلة، ستغدو الوب أكثر فائدة، لأنه سوف يكون بالإمكان تكوين بيانات تخص جميع نواحي حياتنا تقريبا، بمعدَّلات مذهلة. وسوف تشتمل تلك البيانات على معارف عن علاج الأمراض وتعزيز قيم الأعمال الاقتصادية وإدارة عالَمنا على نحو أعلى كفاءة.

ويتصدَّر العلماء الاضطلاع بالقسط الأكبر من المساعي الرامية إلى وضع البيانات المترابطة على صفحات الوب. فقد أدرك الباحثون أنه ما من مختبر واحد، أو مخزن بيانات وحيد متصل بالإنترنت، يكفي لاكتشاف عقاقير جديدة في حالات كثيرة. وتبيَّن لهم أن المعلومات اللازمة لفهم المفاعيل المعقَّدة المتبادلة بين الأمراض والسيرورات الحيوية في جسم الإنسان والمجموعة الهائلة من العوامل الكيميائية، تتوزَّع في شتى أنحاء العالَم ضمن قواعد بيانات وجداول ووثائق لا تُحصى.

ويتصل أحد النجاحات الأخرى باكتشاف عقار لعلاج داء الألزَهايمر. فقد تخلَّت مجموعة من مختبَرات البحث الخاصة والحكومية عن إحجامها عن الكشف عن بياناتها، وأَطلقت **مبادرة التصوير العصبي لداء الألزهايمر**[2]، ونَشَرت مقدارا كبيرا جدا من المعلومات والصور الدماغية تخص المرضى على شكل بيانات مترابطة كانت قد اعتمدت عليها كثيرا في تطوير أبحاثها. وفي استعراض شهدتُه شخصيا، طرح أحد العلماء السؤال التالي: «ما هي البروتينات التي تنغمس في تحويل الإشارات ولها صلة **بالعصبونات الهَرَمِيَّة**[3]؟» ولدى طرح السؤال على محرك البحث Google، وردت 000 233 نتيجة، بدلا من النتيجة الواحدة. وعندما وُضِع السؤال في نظام قواعد بيانات مترابطة، أعطى عددا صغيرا من الأسماء لبروتينات معيَّنة تحمل تلك الخصائص.

ويمكن لقطاعَيْ الاستثمار والتمويل الاستفادة من البيانات المترابطة أيضا، حيث تنجم معظم الأرباح عن العثور على أنماط معينة من البيانات ضمن مجموعة شديدة التنوُّع من مصادر المعلومات. إن البيانات تحيط بجميع نواحي حياتنا، وحينما تدخل إلى موقع تواصلك الاجتماعي وتعلن أن الشخص الجديد الذي انتسب إلى الموقع هو صديقك، فإن ذلك يولِّد علاقة، وتلك العلاقة هي بيانات.

ولكن البيانات المترابطة تثير قضايا محدَّدة يتعيَّن علينا مواجهتها. فمثلا، يمكن للطرائق الجديدة لمكاملة البيانات أن تؤدي إلى مشكلات تتَّصل بالخصوصية نادرا ما تطرَّقت إليها قوانين الخصوصية الحالية. لذا، علينا أن ندقِّق في الخيارات القانونية والثقافية والتقنية التي من شأنها صون الخصوصية من دون كبح إمكانات التشارك المفيد في البيانات.

إن الوقت المناسب هو الآن. وعلى مطوِّري الوب والشركات والحكومات والمواطنين أن يعملوا معا على المكشوف وأن يتعاونوا بكفاءة، كما فعلنا حتى الآن، بغية الحفاظ على مبادئ الوب الأساسية وعلى مبادئ الإنترنت أيضا، مع ضمان احترام البروتوكولات التقانية والأعراف الاجتماعية التي نضعها لحقوق الإنسان الأساسية. فالغاية من الوب هي خدمة الإنسانية، ونحن نبنيها اليوم لتكون الأجيالَ القادمة قادرة على إبداع ما يتعذَّر علينا اليوم تصوُّره. ■

(١) linked data: تقنية البيانات المترابِطة هي طريقة لنشر البيانات وعرضها والتشارك فيها بواسطة المعرِّفات URI تمكن من الربط فيما بينها لجعل صفحات الوب قابلة للقراءة من قبل الحواسيب والأشخاص على حد سواء، وهذا ما يجعل البيانات الواردة من مصادر مختلفة مترابطة وقابلة للاستعلام عنها معا في الوقت نفسه.

(٢) Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative

(٣) pyramidal neurons: عصبونات كبيرة هرمية الشكل توجد في القشرة الدماغية وترسِل نبضات إلى العضلات الإرادية. (التحرير)

مراجع للاستزادة


**Creating a Science of the Web.** Tim Berners-Lee et al. in *Science*, Vol. 313; August 11, 2006.
Also, see the Web Science Research Initiative: **www.webscience.org**
Notes by Tim Berners-Lee on Web design and other matters: **www.w3.org/DesignIssues**.
The World Wide Web Consortium's main page is **www.w3.org**
The World Wide Web Foundation funds and coordinates efforts that see to it that the Web serves humanity: **www.webfoundation.org**


*Scientific American*, December 2010

# هل يمكن للزمن أن ينتهي؟(*)

*نعم، ولا. أن ينتهيَ الزمن أمرٌ يبدو مستحيلا وحتميا على حدّ سواء. تقترح الأبحاث الحديثة في الفيزياء إثباتا لهذه المفارقة[1].*

<G. موسِر>

وفقا لخبراتنا، لا شيءَ البتّة ينعدم كلية، فبعد موتنا تتحلل أجسادنا وتعود المادة فيها إلى الأرض والهواء وهذا ما يسمح بخلق حياة جديدة. نستمرّ بالعيش فيما يأتي بعد ذلك، ولكن هل سيبقى الحال هكذا دائما؟

## مفاهيم مفتاحية

- تتنبّأ نظرية النسبية العامة لـ<أينشتاين> بزوال وانتهاء الزمن في لحظات تُدعى بالمتفرّدات singularities، مثل ما يحصل عندما تبلغ المادةُ مركزَ ثقب أسود، أو عندما ينهار الكون برمّته في «انسحاق أعظم» big crunch. ومع ذلك، تتنبّأ النظرية أيضا بأنّ هذه المتفرّدات مستحيلة فيزيائيّا.
- هناك طريقةٌ لحلّ هذه المحيرة تكمن في أن نعتبر موت الزمن يحدث تدريجيّا وليس فجائيّا. يمكن للزمن أن يفقد خصائصَه العديدة واحدة تلو الأخرى: اتّجاهيته[2]، ومفهوم مدته، ودوره في ترتيب الأحداث سببيّا. وأخيرا، يمكن للزمن أن يختفي كي يفسح المجال لفيزياء أعمق لا زمن فيها.

*محرِّرو ساينتفيك أمريكان*

ألا يمكن أن تأتيَ لحظةٌ في وقت ما من المستقبل لا شيء «بعدها»؟ ومن المُكئب، إجابة الفيزياء الحديثة عن هذا السؤال بنعم. فالزمن ذاته يمكن أن ينتهي، وحينئذ تتوقّف جميعُ الفعاليات، ولن يكون هناك أيّ تجديد أو استرداد للحياة؛ فزوال الزمن هو نهاية النهايات.

مثّلت هذه الإمكانية المخيفة تنبّؤًا غيرَ متوقَّع لنظرية <أينشتاين> في النسبية العامة، التي تزوّدنا بفهم معاصر **للثقالة** gravity. قبل هذه النظرية كان أغلب الفيزيائيين والفلاسفة يعتقدون أنّ الزمنَ نقرُ شموليٌّ على الطبل، أي إنّ إيقاعَه ثابتٌ يسير وفقه الكونُ برمّته، دون أيّ تغيّر أو ذبذبة أو توقّف. ما بيّنه <أينشتاين> هو أنّ الكون أشبه بمقطوعة موسيقيّة متعدّدة الإيقاعات، إذ يمكن للزمن فيها أن يتباطأ إيقاعه أو أن يتمدّد، بل أن يتمزّق كذلك. عندما نشعر بقوة الثقالة فإننا نحسّ بأداء الزمن الارتجاليّ الإيقاعي، وعندئذ تنجذب الأجسامُ الساقطة نحو الأماكن التي يَمضي فيها الزمن بسرعة أبطأ. لا يؤثّر الزمنُ فيما تفعله المادة فحسب، بل يستجيب أيضا لما تقوم به المادة، كحال قارعي الطبول والراقصين الذين يتأثرون فيما بينهم فيصاب الجميع بنوبة إيقاعيّة متناغمة. ومع ذلك، عندما تخرج الأمور عن السيطرة يمكن للزمن أن يتبخّر ويزول كالدخان، حالُه في ذلك كحال قارع طبل جعله هياجه المفرط يحرق نفسه بشكل عفوي.

تُدعى اللحظات الموافقة لحدوث هذا الأمر باسم **المتفرِّدات** singularities، ويدلّ هذا التعبير على أيّ **حدٍّ** boundary للزمن، سواء أكان بداية أم نهاية له. وأشهر حدٍّ هو **الانفجار الأعظم** the big bang، وهو اللحظة التي مضى عليها 13.7 بليون سنة عندما خُلق الكون – ومعه الزمن – وبدأ بالتمدّد والاتّساع. ولو قُدّر للكون أن يتوقّف عن التمدّد والاتّساع ويبدأ بالانكماش، فإنه سوف يعاني شيئا مشابها للانفجار الأعظم ولكن بطريقة عكسية – **الانسحاق الأعظم** the big crunch – وهذا يؤدي إلى تدمير الزمن وإيقافه.

ليس من الضروري للزمن أن ينعدم في جميع أرجاء الكون. فالنسبية تقول بزواله داخل الثقوب السوداء مع استمرار وجوده في الكون عموما. وتتمتّع الثقوب السوداء بسمعة سيئة في مجال التدمير والتخريب، لكنها أسوأ حتى ممّا قد يخطر على بالك. إذا قدِّر لك السقوط في واحد منها، فإنك لن تتمزّق إلى أشلاء فحسب، بل إنّ بقاياك سوف ترتطم في نهاية الأمر بمتفرّدة واقعة

(*) COULD TIME END?
(١) paradox أو محيرة
(٢) directionality



في مركز الثقب، وعندئذ يتوقف الزمن الملازم لك. ولا يمكن لأيّ حياة جديدة أن تبزغ انطلاقا من رمادك، ولن تخضع جزيئات جسمك إلى إعادة تصنيع. وكحال شخصية البطل في الصفحة الأخيرة من الرواية، لن تعانيَ مجرّد موت، بل نهايةَ الوجود ذاته.

استغرق الفيزيائيون عقوداً عدّةَ قبل أن يقبلوا بأنّ نظرية النسبية تتنبأ بشيء محيِّر كالموت من دون انبعاث. وحتى يومنا هذا، فهم لا يزالون غير متوثقين تماما ممّا يتعين عليهم فعله مع هذا الأمر. ويمكن الدفاع عن الرأي القائل إن المتفرّدات هي السببُ الرئيسُ وراء سعي الفيزيائيين إلى إيجاد نظرية موحّدة للفيزياء تجمع بنات أفكار <آينشتاين> مع **الميكانيك الكمومي** quantum mechanics: إيجاد نظرية كمومية للثقالة. والفيزيائيون يقومون بذلك جزئيا أملا بإمكان تبرير أسباب عدم أهميتها. ولكن عليك أن تكون حذرا في اختيار ما تتمناه، فمن الصعب تخيّل نهاية الزمن؛ لكنّ زمنا لا نهاية له يحمل في ثناياه تناقضا يصعب تخيله أيضا.

## حافات الزمن(*)

على مرّ العصور – قبل مجيء <آينشتاين> بوقت طويل – ناقش الفلاسفة ما إذا كان الزمن عرضة للزوال. وقد اعتبر <I. كانط> هذه القضية نوعا من التناقض الداخلي، أي إنه يمكنك قبوله وقبول عكسه؛ وهذا ممّا يدعك لا تعرف كيف تفكّر.

وجد والدُ زوجتي نفسَه فوق أحد قَرْنَي هذه المعضلة عندما حضر مساء أحد الأيام إلى المطار ليجد أنّ طائرته قد غادرت منذ وقت طويل. لامَه الموظّفون في ميزان التحقّق من الحقائب قائلين إنه كان عليه معرفة أنّ ساعة المغادرة المكتوبة «12 صباحا» تعني أوّل رحلة في الصباح. ومع ذلك كانت حيرة والد زوجتي من الممكن فهمها، إذ لا يوجد رسميا وقتٌ موافق لـ«12 صباحا»، فمنتصف الليل ليس قبل منتصف النهار ولا بعده، فهو يمثّل نهايةَ يوم وبدايةَ يوم آخر كلتيهما، ويوافق في ترميز الوقت ذي الساعات الأربع والعشرين كلا الرمزَين 24:00 و00:00.

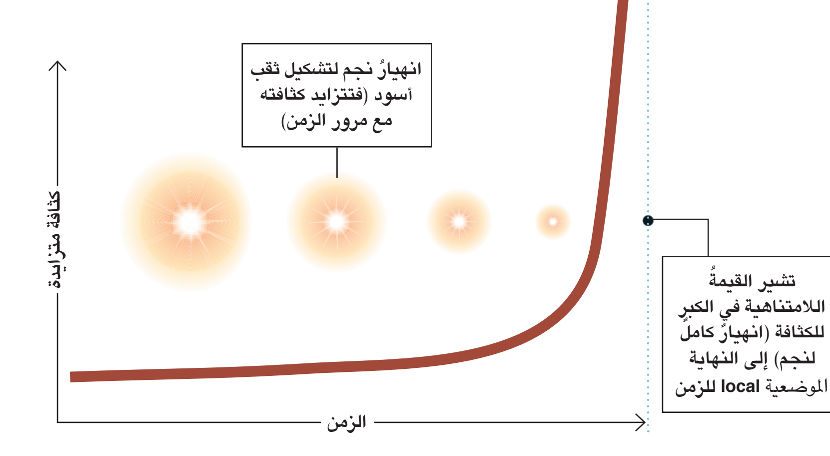
لقد احتكم <أرسطو> إلى مبدأ مماثل عندما حاجّ في أنه لا يمكن أن يكون للزمن بداية ولا نهاية. كلّ لحظة هي نهاية لفترة وبدايةٌ لأخرى معا، وكلُّ حادثة هي نتيجةٌ لأمر ما وفي الوقت نفسه سببٌ لآخر. ومن ثم، فكيف يمكن للزمن أن ينتهي؟ ما الذي سوف يمنع آخر لحظة في التاريخ من إطلاق لحظة أخرى؟ في الواقع كيف لكَ أن تعرّفَ فكرةَ نهاية الزمن عندما يفترض مفهومُ «النهاية» مسبقا وجودَ الزمن؟ يؤكّد الفيلسوف في جامعة أكسفورد <R. سوينبورن> بأنه «لا يمكن منطقيا أن

(*) EDGES OF TIME

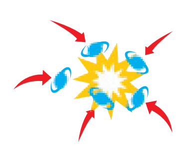
[كيف يمكن للزمن أن ينتهي]

## يوم الديئونة الأخير(*)

يمكن للزمن أن ينتهي بطرق مقلقة متنوّعة وفقا لنظرية <آينشتاين> في النسبية العامة. فمثلا، عندما يتكوّن ثقبٌ أسود، فإن كثافة المادة تزداد، وهذا ما يجعل قوةَ الثقالة أكثرَ شدّة، وهذا بدوره يزيد من قيمة الكثافة ومن ثم تزداد شدّةُ قوة الثقالة أكثر، ويستمر ذلك إلى أن تبلغ الكثافة والثقالة قيما لامتناهية في الكبر - ويُعرَف هذا الوضع باسم المتفرّدة (*الرسم العلوي*). تتوقف المادة عن الوجود، ويتم استنفاد الزمن في تلك المنطقة من الفضاء. ويمكن لمصير مشابه أن ينتاب الكون برمّته (*الرسم السفلي*).

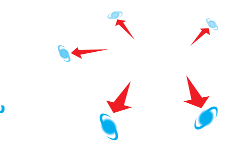



▼ مشكلة كبيرة تعترض مفهوم الزمن



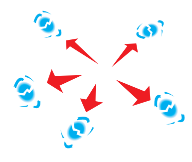
### انسحاق أعظم
**Big Crunch**

يتباطأ اتّساع الكون مع كبح ثقالة المادة له، ويتوقف في نهاية الأمر، فينعكس اتجاه الاتساع ليغدو تقلّصا يبلغ أوجه في انهيار نحو متفرّدة تدلّ على نهاية الزمن وزواله. لقد كنّا نظن في الماضي أنّ هذا المصير ممكن، لكن يبدو الآن أنه ليس كذلك. فالمادةُ ليست ضئيلة ومتناثرة بشكل لا يكفي لعملها ككبح فحسب، بل يبدو أنّ هناك شكلا غيرَ مرئيّ للطاقة - الطاقة المعتمة - يضغط على دوّاسة البنزين المسرّعة.



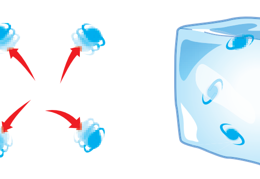
### نشيج أعظم
**Big Whimper**

يستمر الكون باتّساعه وتمدّده إلى الأبد، فيغدو أكثر فراغا ووحشة. ويعتقد علماء الفلك الآن أنّ هذا السيناريو هو الأرجح. ومع أنّ الزمن لن ينتهي أبدا، فإنه يغدو تافها لا مسوِّغ له على نحو متزايد. فالكون يخضع لـ«موت حراريّ» heat death: وهو حالة توازن سرعان ما يتمّ فيها إبطالُ أيّة إجرائيّة؛ لذا لا يوجد للزمن عندها تقدّمٌ واضحٌ نحو الأمام، وقد لا يظهر البتة ضمن وحدات معرّفة بشكل جيّد.



### تمزّق أعظم
**Big Rip**

يمزّق الكون نفسَه إربا إربا. ويمكن حدوث مثل هذا السيناريو إذا لم تكن قيمة الطاقة المعتمة ثابتة - كما تفترض أغلب نماذجها - بل متزايدة مع مرور الزمن. ويُعرَف هذا الشكل المفرط النشاط من الطاقة المعتمة - الذي تمّ افتراض وجوده عام 1999 - باسم الطاقة الشبحيّة(1). إنها تقود الكون نحو تمدّد واتّساع لامتناه في الكبر - حتى إن الذرّات نفسها تتمزّق - وتقضي على الزمن. وتتوقع بعض السيناريوهات هذه النهاية بعد نحو 20 بليون سنة.

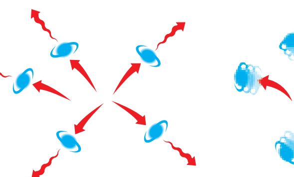


### تجمّد أعظم
**Big Freeze**

يمتلئ الكون بالطاقة الشبحية وتصير كثافته لا متناهية، في حين يستمرّ تمدّده ولكن بمقدار منته. سوف يجري حجزُ أيِّ حفنة ناجية من المادة في مكانها دون أن تكون قادرة على الحركة، فيتوقّف الزمن. ويمكن حدوث تجمّد كبير موضعيّ إذا كان كوننا غشاء يتحرّك ضمن فضاء بأبعاد إضافية (كما تفترض نظرية الأوتار)، وأخذ يخفق بعنف.

### كبح أعظم
**Big Brake**

تغيّرُ الطاقةُ المعتمة اتجاهَها من قيادة وتسريع للتمدّد الكوني إلى إبطاء وتأخير له، وهذا ما يؤدي إلى إيقاف نموّ الكون بسرعة خاطفة: حيث يكون معدّل التباطؤ لامتناهيا في الكبر. تتسبّب هذه الحادثة - التي تمّ افتراضُها أوّلَ مرّة عام 2004 - بأذى هائل، إذ تخضع البنى الكونية إلى قوى مدّجزريّة بشدّات لامتناهية في الكبر. ومع أنّ مقاديرَ فيزيائية أخرى تبقى منتهية finite، فإنّ لهذا الوضع نتائج غير سعيدة للزمن.



### ترنّح أعظم
**Big Lurch**

ابتُكِرَ هذا السيناريو عام 2004، وهنا لا يستلزم إحداثُ ما يُدعى متفرّدة مفاجئة(2) طاقةً معتمةً، بل كلّ ما يتطلّبه هو أن تُصابَ مادةٌ مألوفة باضطراب هائل بحيث تغدو قوى الضغط لامتناهية في الكبر، في حين تبقى قيمتا الكثافة ومعدّل التمدّد الكوني في مجال أمن. ويمكن للزمن أن يستمرّ أو لا يستمر. ولا تستبعد الملاحظاتُ والأرصاد الفلكيّة إمكانيةَ حدوث مثل هذه الفاجعة خلال زمن قريب لا يزيد على تسعة ملايين سنة من الآن.

---

يكون للزمن نهاية وحدود». ولكنْ إذا كان الزمن بلا حدود، فيجب على الكون أن يكون لامتناهيا في عمره، وستُطِلّ جميع الأحجيات الناجمة عن مفهوم اللانهاية بوجهها وتندفع نحونا بسرعة. وقد اعتبر الفلاسفةُ دائما أن من السُّخف اعتبار أن اللانهاية شيء مختلف عن **تجريد رياضياتي**(3).

لقد بدا أن انتصار نظرية الانفجار الأعظم واكتشاف الثقوب السوداء قد حلاّ المسألة، فالكون مليءٌ بالمتفرّدات، ويمكن له أن يعانيَ أنواعا مُفجعة من الكوارث والمصائب الزمنية؛ حتى وإن قدّر له الإفلات من الانسحاق الأعظم، فإنه قد يَعلق ويُنهَك بالتمزّق الأعظم أو التجمّد الأعظم، أو الكبح الأعظم [*انظر الإطار في هذه الصفحة*]. ولكن إذا ما تساءلنا بعد ذلك عن الماهيّة الحقيقية للمتفرّدات (سواء أكانت كبيرة أم لا)، فإننا نرى أنّ الإجابةَ ليست واضحة تماما بعد. «فلا يزال فهمُ فيزياء المتفرّدات متاحا لكل مهتم بالغوص فيه»، وذلك على حدّ قول <L. سكلار> [الباحث الرئيسي في فلسفة الفيزياء بجامعة ميتشيگان].

تقترح ذات النظرية، التي أنجبت هذه المفاهيم الفيزيائية المعقدة، أن هذه المفاهيم ربّما لا توجدَ فعليا. فالنظريةُ النسبية، على سبيل المثال، تقول إن أسلافَ أيّ مجرّة منفردة نراها كانت - عند متفرّدة الانفجار الأعظم - مهروسة ضمن نقطة رياضيّاتيّة واحدة: وهذا لا يعني مجرَّد أثر دبوسي ضئيل

(*) ULTIMATE DOOMSDAY
(1) phantom energy
(2) sudden singularity
(3) mathematical idealization

## المراحل الأربع لانتهاء الزمن:

إن انتهاء الزمن يمكن أن يتمّ عبر إجرائيّة تدريجيّة خطوة فخطوة، ينكفئ الكون خلالها إلى حالة بدائية لا معنى للزمن فيها. (إنّ متتالية الأحداث المبيّنة هنا وفي الصفحات التالية، ليست صارمة؛ إذ يمكن للخطوات أن تتداخل أو أن تحدث بترتيب مختلف).

## 1 [فقدان الاتّجاهيّة]

# انكسار سهم الزمن(*)

سوف يتوقّف الزمن عن المضي قدما إلى الأمام، وذلك عندما يستهلك مجملَ طاقته المفيدة، ويصل إلى حالة من الركود العام. يحدث السيناريو المبيّن أدناه في كون متمدّد ومتّسع أبدا، ولكن يمكن للزمن كذلك أن يفقد اتّجاهيته ضمن سيناريوهات أخرى. وانطلاقا من لحظة الركود تلك، لن يتبقّى من فعاليات في الكون إلاّ تراوحاتٌ وتموّجاتٌ عشوائية في الكثافة والطاقة لا تسبّب أكثر من هزهزة في الساعات –إن بقي أيٌّ منها موجودا – جيئة وذهابا.

يبتدئ الكون غازا منتظما تقريبا.

يتكتل الغاز بتأثير قوة الثقالة.

تنهار المادة وتستمر في الانهيار إلى أن تكوّن ثقوبا سوداء.

تُصدر الثقوب السوداء إشعاعا إلى الخارج وتختفي.

يتبدّد الإشعاعُ ولا يتبقّى إلاّ فضاء خالٍ.

ومنذ ذلك الحين، لا شيء يتغيّر البتّة.

جدا، بل نقطة حقيقية ذات حجم يعادل الصفر. وبشكل مماثل، فإن أيَّ جسيم من جسم رائد فضاء سيّئ الطالع يقع في ثقب أسود سوف يرتصّ على نفسه ليغدو نقطة لامتناهية في الصغر. وفي كلتا الحالتَين، فإن حساب الكثافة يعني التقسيم على حجم معدوم، وهذا يعطي قيما لامتناهية في الكبر. وهناك أنواعٌ أخرى من المتفرّدات لا تتضمّن قيما لامتناهية في الكبر للكثافة، بل قيما لانهائية لمقادير أخرى.

ومع أن العاملين في الفيزياء الحديثة لا يشعرون بالنفور نحو اللانهاية بالمقدار نفسه الذي كان يشعر به <أرسطو> و<كانط> تجاهها، فإنهم لا يزالون يعتبرونها دلالة على أنهم قد دفعوا نظريّتَهم – مفترضين صلاحيتَها – بعيدا جدا. لننظر، على سبيل المثال، في النظرية المألوفة للأشعة الضوئية التي تعلّمناها في مرحلة التعليم المتوسطة. تفسِّر هذه النظرية – وبشكل جميل – وصفات النظّارات الطبّية ومرايا لعبة بيت المرح، ولكنها تتنبّأ أيضا بأَنّ العدسةَ تركّز الضوء الآتي من منبع بعيد وتجمّعه في نقطة رياضياتيّة واحدة، منتجة بذلك بؤرة ذات شدّة ضوئيّة لامتناهية في الكبر. وفي الحقيقة، لا يتمّ تركيز الضوء في نقطة واحدة، وإنما ضمن تشكيل يشبه عين الثور. ومع أنّ قيمة الشدّة الضوئية هنا تكون كبيرة، فهي تبقى دائما محدودة. إنّ خطأ نظرية الضوء الهندسي ناجمٌ عن أنّ الضوء في الحقيقة ليس شعاعا بل موجة.

وبطريقة مشابهة، يفترض أغلبُ الفيزيائيّين أنّ كثافةَ المتفرّدات الكونيّة منتهية، وإن كانت عالية جدا. تَضلّ النسبية العامة طريقَها هنا لأنها تفشل في التقاط بعض المظاهر المهمة للثقالة أو للمادة التي تتجلّى بالقرب من المتفرّدات، وتبْقي الكثافة تحت السيطرة. يقول الفيزيائي <J. B. هارتل> [من جامعة كاليفورنيا في سانتا بربارا]: «قد يقول معظم الناس إنّ المتفرّدات هي دلالةٌ على عدم صلاحية النظريّة عندها.»

لا بدّ من نظرية أكثر شمولية – نظرية كمومية للثقالة – بغية إدراك كُنْه ما يحدث فعلا. ولا يزال الفيزيائيّون يعملون على كشف مثل هذه النظريّة، لكنهم أدركوا أنها سوف تتضمّن ما تدلّ البصيرةُ على أنها الفكرة المركزية في الميكانيك الكمومي، وهي أنّ المادة – كالضوء – لها خواصّ موجيّة. وهذه الخواصُّ سوف تشذب المتفرّدةَ المُفترَضة، وتجعلها لُفيفة محشوّة بدلا من نقطة، ومن ثم تُبطل خطأَ القسمة على الصفر. وإذا كان الأمر هكذا، فالزمن في الحقيقة ربّما لا ينتهي.

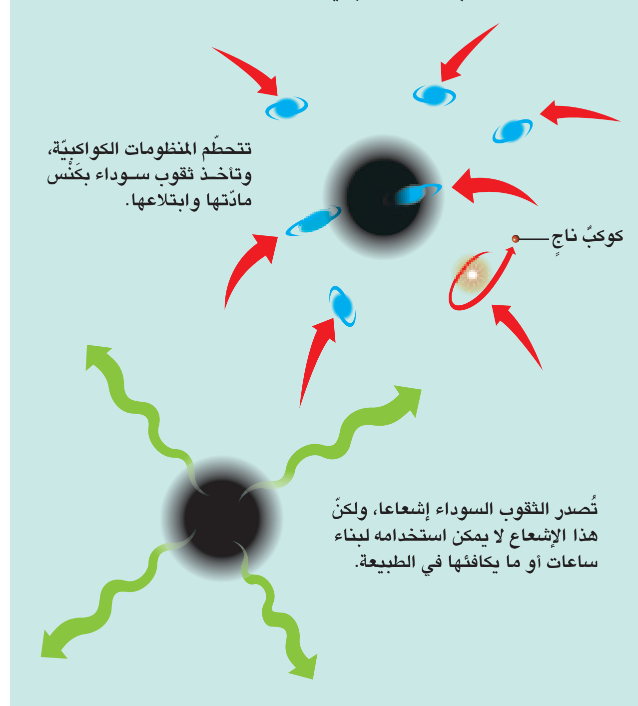
يحاجُّ الفيزيائيون في كلا الاتّجاهَين، فبعضهم يعتقد أنّ

(*) BROKEN ARROW OF TIME

## 2 [فقدان مدّة الاستغراق]

# لا يمكن تحديد الوقت(*)

سوف يغدو مفهوم المدة المستغرَقة عديمَ المعنى عندما تُصاب جميعُ المنظومات التي تدلّ على مجالات زمنية منتظمة بالتصدّع أو يتمّ ابتلاعها من قبل ثقوب سوداء. ويمكن للطاقة أن تعود فتتسرّب خارج الثقب الأسود، ولكنها تفعل ذلك كإشعاع أي كفوتونات وجسيمات أخرى عديمة الكتلة. وحيث إنّ مثل هذه الجسيمات لا تمتلك مقياسا ثابتا ولا تتغيّر مع الزمن، فلا يمكن استخدامها أساسا لبناء ساعات جديدة.




الزمن سوف يزول فعلا. وتكمن مشكلةُ هذا الخيار في أنّ قوانين الفيزياء المعروفة تعمل ضمن مفهوم الزمن، وتصف كيفيّة حركة الأشياء وتطوّرها. ولا يوجد تحفظ على نقاط زوال الزمن، ولا بدّ من ضبطها لا بواسطة مجرّد قانون فيزيائي جديد، بل عن طريق نوع جديد من قوانين الفيزياء يتجنّب المفاهيم الزمنية - مثل الحركة والتغيّر - لمصلحة مفاهيم لازمنيّة مثل الأناقة الهندسية. وقد استلهم <B. ماك إينيس> [من الجامعة الوطنية في سنغافورة] - في مقترح له قبل ثلاث سنوات - أفكارا من مرشحة رئيسية لنظرية كمومية من الثقالة ألا وهي **نظرية الأوتار**[١]. اقترح <ماك إينيس> أنّ اللُّفَيفة المحشوّة الأوليّة للكون كان لها شكل **الطّارة**[٢]، لذا - بسبب النظريات الرياضيّاتيّة المتعلّقة بالطارات - تعين عليها أن تكون منتظمة وملساء تماما. ومع ذلك، يمكن للكون عند الانسحاق الأعظم، أو عند متفرّدة الثقب الأسود، أن يمتلكَ أيَّ شكل كان، ولا حاجة إلى أن يُطبق الاستنتاج الرياضياتي نفسه المتعلّق بالطّارات، فقد يكون الكون عموما ممزّقا وغيرَ منتظم البتّة. ومثل هذا القانون الهندسيّ للفيزياء يختلف عن القوانين الديناميّة المألوفة اختلافا حاسما: إنّ هذا القانون غير متناظر بالنسبة إلى الزمن، فالنهاية لن تكون مجرّدَ البداية التي تتحرّك في الاتجاه العكسي.

يعتقد باحثون آخرون في مجال الثقالة الكمومية أنّ الزمن سوف يتمدّد ويزداد اتّساعا إلى الأبد دون أن تكون له بداية ولا نهاية. لقد كان الانفجار الأعظم ببساطة - وفق وجهة النظر هذه - مجرّدَ تحوّل دراميّ طرأ على الحياة السرمدية للكون. ربّما يكون الكون ما قبل الانفجار قد بدأ يخضع لانسحاق أعظم، وانقلب فغيّر من حركته عندما بلغت كثافته قيما عالية جدا في حادثة **الارتداد الأعظم** the big bounce. والأكثر من ذلك، أنه يمكن لبعض نتاجات ما قبل التاريخ هذا أن تشقّ طريقها، فنشعر بآثارها حتى أيامنا هذه [انظر: «*تتبع الكون المرتد*»، **العلوم**، العددان 8/7 (2009)، ص 32]. وبتقديم حجج مماثلة، يمكن تبيان أنّ اللُّفَيفة المحشوّة في قلب الثقب الأسود سوف تغلي وتبقبق **كنجم مُنَمْنَم**[٣] هائج. فإذا وقعتَ في ثقب أسود، فسوف تموت ميتة مؤلمة، ولكن، على الأقل، لن يزولَ خطّك الزمني. فجسيماتُ جسمك سوف تغوص في اللُّفيفة المحشوّة وتترك دمغة مميّزة عليها، يمكن لأجيال المستقبل أن يروها ضمن الوهج الضعيف للضوء الذي يصدره الثقب.

يتجنّب مناصرو هذا الرأي - من خلال افتراضهم تقدّم الزمن دائما في حركته - الحاجةَ إلى التأمّل لتخمين نوع جديد من قوانين الفيزياء. ولكنهم مع ذلك يواجهون بدورهم بعض المشكلات. فعلى سبيل المثال، يغدو الكونُ مع مرور الزمن أكثر فوضوية باستمرار؛ وإذا كان الكونُ موجودا منذ الأزل، فما سببُ عدم وجوده الآن في حالة فوضى تامّة؟ أمّا فيما يتعلق بالثقب الأسود، فكيف يمكن للضوء الحامِل لدمغتك أن يتدبّر أمره ليفلتَ من القابض **التثاقلية** gravitational للثقب؟

أهمُّ اعتبار هنا هو أنّ الفيزيائيّين لا يَقِلّون عن الفلاسفة في سعيهم إلى التغلب على تناقض القوانين. ويقول الراحل <A. J. ويلر> [وهو رائدٌ في مجال الثقالة الكموميّة]: «إن معادلات أينشتاين تقول: هذه هي النهاية، وتقول الفيزياء: لا وجودَ لنهاية». وبمواجهة هذه المعضلة، نفض بعضُ الناس

---

(*) TIME CANNOT BE TOLD

(١) انظر: «*الكون الذكي*»، **العلوم**، العددان 8/7 (2007)، صفحة 74: كتابان جديدان يقولان إن الوقت قد حان لإسقاط نظرية الأوتار!

(٢) torus = كعكة مجوفة.

(٣) miniaturized star

(التحرير)

أيديَهم منها، واستنتجوا أنّ العلم لا يمكنه الإقرار بوجود نهاية للزمــن أو لا. وتُعَدُّ حدودُ الزمن بالنســبة إليهم حدودا أيضا للمنطــق والملاحظة التجريبيّة، ولكنّ آخرين يعتقدون أنّ اللغز يســتلزم تفكيرا جديدا فقط. يقــول الفيزيائي ‹G› هوروفيتز› [من جامعة كاليفورنيا في ســانتا بربارا]: «الأمر ليس خارج نطــاق الفيزياء، ويجب على الثقالــة الكمومية أن تكون قادرة على تزويدنا بإجابة قاطعة».

## كيفيّة فرار الزمن(*)

قــد يكون **هال 9000** Hal مجرّد حاســوب، لكنه كان على الأرجح أكثرَ شخصيّة بشرية مُعبِّرة وواسعة الحيلة في فيلم *الخيال العلمي 2001: ملحمة فضائية*، إذ لم يكُن فقط حزمة من الأسلاك، وإنما أيضا جملة من التناقضات. وحتى موته كان محاكيا للموت البشــري، فلم يكن حادثة عارضة بل إجرائية متسلســلة. وعندما بــدأ ‹ديف› ينزع ببطء ألــواح داراته الكهربائية، شــرع هال يفقد ملكاتــه العقلية واحدة فواحدة، وأخذ يصف ما يشــعر بــه. لقد أعرب عــن تجربة النكوص والانحسار بطريقة تعبيريّة بالغة يعجز عنها غالبا مَن يموتون من البشر. إنّ الحياة البشرية مأثرةٌ معقّدة من التنظيم، فهي أعقــدُ موضوع معروف للعلم، ويمــرّ انبثاقها أو فناؤها عبر الشــفق الفاصل بين الحياة وعدمهــا. ويُدخل الطبّ الحديث فانوسا في هذا الشــفق، عندما يُنقذ الأطبّاءُ خُدَّجا مولودين قبــل أوانهم وكنّــا فيما مضى نعجز عــن إبقائهم أحياء، أو عندما يُعيدون إلى الحياة أناسا اجتازوا ما كان سابقا نقطة لا رجعةَ منها.

وفي حين يجاهد الفيزيائيّون والفلاسفة لإدراك كنه نهاية الزمــن، يرى كثيرون في نهاية الحيــاة أمورا عديدة تضاهي ذلك وتشابهه. فتماما، كما تنبثق الحياة من جزيئات غير حيّة تُنظِّم نفسَها، يمكن للزمن أن ينبثق انطلاقا من أشياءَ سرمدية تأخذ بترتيب نفســها(١). إنّ العالَمَ المؤقــت يتمتّع ببنية عالية المســتوى، يُخبرنا الزمن متى تقع الأحداث، وكم تستغرق من الوقــت، وأيّا منها يقع قبل الآخر. ويمكن ألاّ تكونَ هذه البنيةُ قد فُرِضت من الخارج، بل نشــأت من الداخل، وحيث إنّ ما يُصنَع يمكن أن يُحطَّم، لذلك عندما تنهار البنية يزول الزمن.

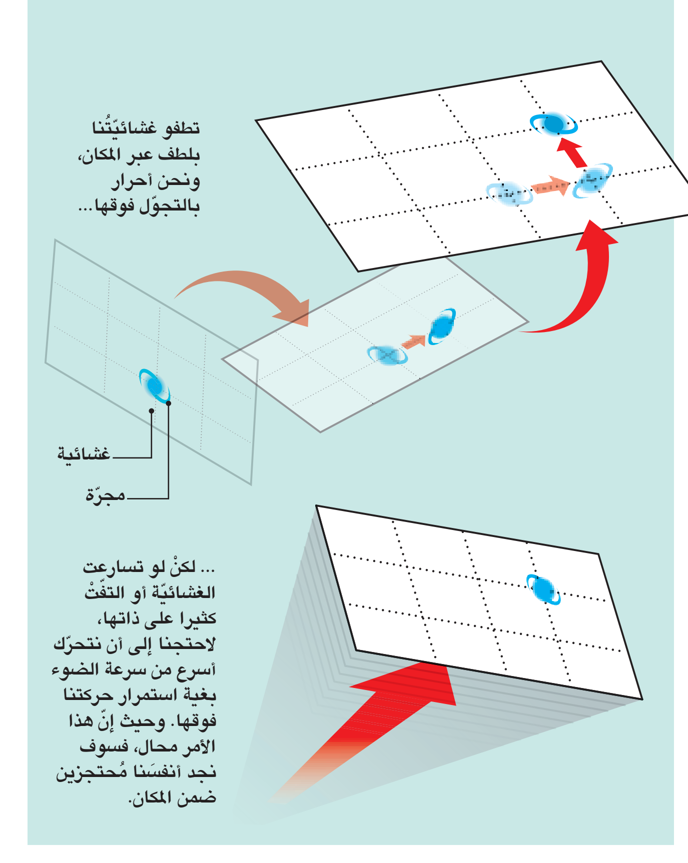
ووفق طريقــة التفكير هذه لا يُعتبَر زوالُ الزمن أمرا أكثرَ **مفارقــة**(٢) من تفتّت أيّ منظومة معقّدة أخرى. وســوف يفقد الزمن خصائصه واحدة فواحدة، ويمرّ عبر الشــفق الواصلِ بين الوجود وعدمه.

قد يكون أول ما يزول هو **أُحادية الاتجاه** unidirectionality: أي «الســهمُ» المتّجــه من الماضي نحو المســتقبل. وقد أدرك



## 3 [فقدان السببيّة] الزمن يتحوّل تدريجيًا إلى مكان(**)

يمكِن اختزال الزمن إلى مجرّد بُعد آخر للمكان محطما بذلك العلاقة بين السبب والنتيجة. وتكمن إحدى الطرائق لحدوث ذلك في افتراض أنّ كوننا «غشائيّةٌ» brane تطفو ضمن زمكان spacetime ذي أبعاد إضافية، وأنّ هذه الغشائيّة تأخذ بالخفقان بسرعة كبيرة إلى درجة ينحني معها بُعدُ الزمن ويغدو بعدا مكانيا، مُنتجا بذلك ما سوف نشعر به «كتجمد أعظم».




الفيزيائيّون منذ منتصف القرن التاســع عشر أنّ هذا السهم ليــس خاصيّــة مميِّزة للزمن بحــدّ ذاته بل للمــادة. فالزمن **ثنائــيّ الاتجاه**(٣) في طبيعته؛ أمّا اتّجاهُ الســهم الذي نحسّ به فهو ببســاطة التردي الطبيعي للمادة من حالة الترتيب إلى **الشــواش**(٤)، وهــذه متلازمة يعرفها أيّ شــخص يعيش مع أولاده الصغــار أو يربّي حيوانات أليفــة في منزله (قد يدين

(*) HOW TIME SLIPS AWAY
(**) TIME SHADES INTO SPACE
(١) انظر: "IS TIME AN ILLUSION?" BY CRAIG CALLENDER; *SCIENTIFIC AMERICAN*, JUNE 2010
(٢) paradoxial
(٣) bidirectional
(٤) chaos: حالة تشوش كامل.

التَرتيبُ الأصلي بكينونته للمبادئ الهندسية التي خمّنها <ماك إينيس>. وإذا بقيت هذه النزعةُ مسـتمرّة، فإنّ الكون سوف يقترب من حالةِ توازن – أو حالة **موت حراري** heat death – حيث لا يمكنُ للكون عندها أن يصبح أكثر فوضوية. سوف تسـتمرّ الجسـيمات المنفردة بإعادة تنظيم نفسها، لكنّ الكون في مجمله سـيتوقّف عن التغيّر، وأيّ ساعة باقية سوف تهتزّ في كلا الاتجاهَين، وسيغدو من المتعذّر تمييز المسـتقبل من الماضي [انظر: «*الأصول الكسـمولوجية لسـهم الزمن*»، **العلوم**، العددان 2/1 (2009)، ص 4]. توقّع قليلٌ من الفيزيائيّين أن اتّجاهَ السهم يمكن أن ينعكس، بحيث يشرع الكون في ترتيب وتنظيم نفسه، لكنّ مثلَ هذا الانقلاب سـوف يشير بكلّ تأكيد – بالنسبة إلى مخلوقات فانية يعتمد وجودها ذاتُه على سـهم للزمن متّجه نحو الأمام – إلى نهاية للزمن تماما كما يفعل الموت الحراري.

## انقطاع إمكان تتبع الزمن(**)

تقترح الأبحاث الحديثة أن اتّجاهَ السـهم لا يمثّل السمة الوحيدةَ التي يمكن للزمن أن يفقدها عندما يعاني حشـرجة الموت بسـبب الإنهاك. فالسـمة التي يمكـن أن تنتهي إلى المصير نفسـه هي مفهومُ مدّة الاسـتغراق. إنّ الزمن، كما نعرفـه، يأتي في وحدات ومقادير: ثوان وأيّام وسـنين، ولو لم يكن كذلك لاسـتطعنا القولَ بوقـوع الأحداث وفق ترتيب زمنيّ معيّن، ولكنْ كنّا سنعجز عن معرفة كم من الوقت الذي اسـتغرقته. يمثّل ذاك السـيناريو جوهرَ مـا قدّمه فيزيائيّ جامعة أوكسفورد <R. پنروز> في كتابه ***دورات الزمن: نظرة استثنائية جديدة للكون***(٢).

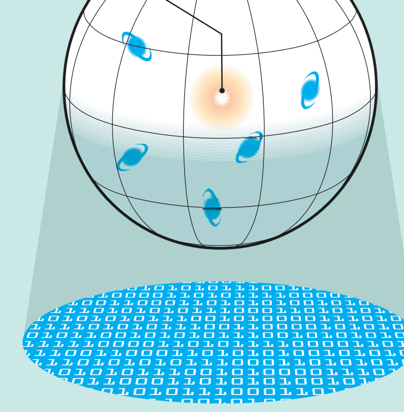
لو نظرنا إلى سـيرة <پنـروز> الأكاديميّة، لبـدتْ مركّزة حقا على مسـألة الزمن. فقد بيّن <پنروز> مع فيزيائيّ جامعة كامبردج <S. هوكينگ> في ستّينات القرن الماضي أنّ المتفرّدات لا تظهـر في بيئات اسـتثنائية فقط، إذ يجب وجودها في كلّ مـكان. وقد دافع <پنروز> أيضا عـن الفكرة القائلة إن المادة السـاقطة في ثقب أسـود لا حياةَ لها بعد مماتها، لذا ليس للزمن مكانٌ في نظرية أساسيّة فعلا للفيزياء.

يبتـدئ <پنروز> في غزوته العلميـة الأخيرة من ملاحظة أساسيّة عن الكون الموغل جدا في القدم. يشبه وضعُ الكون حينئـذ وضعَ صنـدوق لقطع لعبة الليگـو Legos أُلقي لتوه علـى الأرض دون أن تُجمَّع قطعه بعدُ: وهي في حالة الكون

4 [فقدان البنية]

### الهندسة تتلاشى(*)

يختفي الزمن برمّته مع انحدار الكون نحو الفوضى. وتتجلى هذه الفوضى في أعمق مستوى للحقيقة، وهو مستو أكثر عمقا حتى من الجسيمات والقوى ًالمعروفة. فالإجرائيّات تصبح معقدة لدرجة أنه لا يمكن أن يُنسب حدوثها إلى أماكنَ ولحظات محدّدة. وهناك طريقة للإلمام بهذه الفكرة تكمن في أخذنا بالحسبان ما يُعرَف بالمبدأ الهولوگرافي(١) (*انظر في الأسفل*).




قد يكونَ كونُنا، في واقع الأمر، ثنائيَّ البعد، ولكنّ بعض الانتظامات الخاصّة تجعله يبدو ثلاثيَّ الأبعاد: كما لو كان مسقطا «حجميّا» لصورة ثلاثيّة الأبعاد (هولوگرام **hologram**).

ثقب أسود

يغدو الكون بالقرب من الثقوب السوداء شواشيا **chaotic** (يعجّ بالفوضى على نحو متزايد)، وهذا ما يجعل مواضعَ وأوقات الأحداث مُلتبَسة.

في نهاية المطاف، يتحطم المسقط الثلاثيّ الأبعاد برمّته، ولا يتبقّى منه سوى منظومةٍ ثنائية البعد بالغة التعقيد.

(*) GEOMETRY DISSOLVES
(**) LOSING TRACK OF TIME
(١) holographic principle
(٢) *Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe*

مزيجٌ من الكواركات والإلكترونات وجسيمات أوليّة أخرى. وانطلاقا من هذه المكوِّنات يجب على بنىً، مثل الذرّات والجزيئات والنجوم والمجرّات، أن تتكون بواسطة ضمّ المكوّنات بعضها إلى بعض خطوة فخطوة. تمثّلت الخطوة الأولى بتكوّن البروتونات والنترونات التي يتألّف كلّ فرد منها من ثلاثة **كواركات** quarks بعرض قرابة فمتومتر ($10^{-15}$ متر). وقد تمّ انضمامُ هذه الكواركات معا بعد الانفجار الأعظم، (أو الارتداد الأعظم أو أيّ شيء موافق كائنا ما كان) بنحو 10 ميكروثانية.

لم تكن هناك على الإطلاق بنىً قبل حدوث هذا الأمر، فلا شيءَ كان مصنوعا من تلك القطع المكوِّنة التي كانت مرتبطة ومقيَّدة معا. ومن ثمّ فلم يكن موجودا أيُّ شيء يصلح ليكون ساعة. وتعتمد اهتزازات الساعة على وجود مرجع معرَّف جيّدا، مثل طول النوّاس (البندول)، أو المسافة بين مرآتَين، أو المقياس للمدارات الذرّيّة؛ لكنّ مثل هذه العلامات المرجعيّة لم تكن موجودة. كان يمكن لرزم من الجسيمات أن يقتربَ بعضها من بعض مؤقّتا، لكنها كانت عاجزة عن إخبارنا بالوقت، لأنه لم يكن لها حجمٌ ثابت. عجزت كذلك الكواركات والإلكترونات المنفردة عن تأدية دور العلامة المرجعيّة لأنها أيضا، لا حجم لها، فمهما اقترب فيزيائيّو الجسيمات منها وكبّروا من صورة أحد جسيماتها، فإن كلّ ما يشاهدونه هو نقطة. إنّ الصفة الوحيدة التي لها قياس، والتي تمتلكها هذه الجسيمات، هي ما يُعرَف **بطول كومپتون الموجي** Compton wavelength الموافق لها، وهو يحدّد المقياس الذي تتجلّى فيه الآثار الكمومية، وهو متناسبٌ عكسا مع الكتلة. وحتى هذا المقياس الأوليّ لم يكن متوفّرا في مدة زمنية طولها 10 بيكو ثانية بعد الانفجار الأعظم، حيث لم تكن قد حصلت بعدُ الإجرائية التي زوّدت هذه المكوّنات العنصرية بكتلها.

يقول ‹پنروز›: «لا تعرف الأشياءُ كيف تحفظ سِجلاً للزمن». ففي غياب أيّ شيء قادر على تحديد مجالات زمنية منتظمة، يمكن أن تمرّ **أتّو ثانية** attosecond ($10^{-18}$ ثانية) أو فمتوثانية ($10^{-15}$ ثانية) دون أن يسبّبَ ذلك أيَّ اختلاف بالنسبة إلى الجسيمات في سحابة الكون الكثيفة البدائية.

يقترح ‹پنروز› أنّ هذا الوضع لا يصف الماضي السحيق فحسب، بل أيضا المستقبل البعيد. فبعد أن تنطفئ وتزول جميع النجوم بوقت طويل، يغدو الكون خليطا كالحا من ثقوب سوداء وجسيمات طليقة، بعد ذلك سوف تتفكّك الثقوب السوداء نفسها ولا يبقى إلاّ جسيمات مُقَلْقَلة. ستكون غالبية هذه الجسيمات بلا كتلة (مثل الفوتونات)، ومن جديد سيصبح ضربا من المُحال صنعُ الساعات. ولن يكون مصير الساعات في سيناريوهات المستقبل البديلة - حيث ينطفِئ الكون عبر انسحاق أعظم مثلا- أحسنَ بكثير.

يمكنك أن تفترض أنّ مفهوم مدّة الاستغراق سوف يظلّ ذا معنى من ناحية مجرّدة، حتى ولو لم نستطِع قياسَه. ولكنّ الباحثين يتساءلون عمّا إذا كان مقدار ما لا يمكن قياسُه موجودا فعلا حتى من حيث المبدأ. ومن وجهة نظرهم، إنّ عجزَنا عن بناء ساعة هو دلالة على أنّ الزمن نفسه قد فقد واحدة من خصائصه المعرّفة. «وإذا كان الزمن هو ما نقيسه بالساعات، وإذا كانت الساعاتُ غيرَ موجودة، فعندها لا يكون الزمن موجودا،» على حَدّ قول فيلسوف الفيزياء ‹H. زينكرناگل› [من جامعة غرناطة في إسپانيا]، الذي درس أيضا مسألة اختفاء الزمن في الكون الموغل في القِدم.

على الرغم من أناقة سيناريو ‹پنروز›، فإنّ فيه فعلا نقاطَ ضعف. لن تكون جميعُ الجسيمات في المستقبل البعيد عديمةَ الكتلة، فعلى الأقلّ، سوف تنجو بعض الإلكترونات وتبقى على قيد الحياة، ومن ثم يمكنك أن تبنيَ ساعة منها. يخمّن ‹پنروز› أنّ هذه الإلكترونات سوف تتبع نظاما ما من الحمية، التي تقضي على كتلتها، لكنّ ‹پنروز› يعترف أنّ قاعدته غير متينة فيما يخصّ هذه النقطة إذ يقول: «هذه واحدة من أكثر النقاط إقلاقا في هذه النظرية». إضافة إلى ذلك، إذا لم يكن في الكون الموغل في القدم معنى للقياس، فكيف أمكن له أن يتمدّد ويزداد اتّساعا فيترقّق ويبرد؟

ومع ذلك، إذا كان لفكرة ‹پنروز› أن تقود إلى شيء ما، فإنّ فيها معانيَ ضمنية لافتة للنظر. ومع أنّ الكونَ الذي كُدس بكثافة في بداياته، والكون الذي يتخلص من محتواه في المستقبل البعيد يبدوان على طرفي نقيض، فكلاهما محرومٌ من الساعات وبقية وسائل القياس. يقول ‹پنروز›: «إنّ الانفجار الأعظم مشابهٌ جدا للمستقبل النائي»، ويتكهّن بشجاعة بأنهما يمثّلان في الحقيقة المرحلةَ نفسَها في دورة كونيّة كبيرة. عندما ينتهي الزمن، فإنه سوف يلتفّ ويصنع عروة، لينطلق في انفجار أعظم جديد. ربّما يكون ‹پنروز› - وهو الشخص الذي أمضى حياته الأكاديميّة يقدِّم الحجج دفاعا عن أنّ المتفرّدات دلالةٌ على انتهاء الزمن وزواله - وجد طريقة للإبقاء على الزمن مواصلا سيرَه. وهكذا غدا قاتلِ الزمن هو مُنقذه.

## بقاء الزمن ثابتا(*)

حتى ولو غدت مدّة الاستغراق بلا معنى، وصار تمييز الأتّوثوان من القمتوثوان مستحيلا، فإنّ الزمن لم يمُت تماما بعد. ولا يزال الزمن هنا يُملي أوامره بوقوع الأحداث ضمن متتالية من الأسباب والنتائج الناجمة عنها. وضمن هذا المنظور، يختلف الزمن عن المكان، وهذا ما يضع بعض القيود على كيفية ترتيب الكائنات ضمنه. فحدثان متجاوران زمنيا – كَنَقْرٍ على لوحة مفاتيح حاسوبي، وظهور الأحرف على شاشته – شديدا الترابط. في حين ربّما لا تكون هناك أيّ علاقة بين كائنَين متجاورَين مكانيا – مثل لوحة المفاتيح ومُذكّرة **ابعثْها**[1] – . فببساطة، لا تمتلك العلاقات المكانية الحتميةَ نفسها التي تمتلكها العلاقات الزمنية.

بيد أنه عند تحقق بعض الشروط يمكن للزمن أن يفقد حتى هذه الوظيفة الترتيبيّة الأساسيّة، فيغدو مجرّد بُعْدٍ آخر للمكان. وتعود هذه الفكرة إلى ثمانينات القرن الماضي، عندما سعى ‹هوكينگ› و‹هارتل› إلى تفسير الانفجار الأعظم على أنه اللحظة التي تمايز فيها الزمن من المكان. وقبل ثلاث سنوات طبّق كلٌّ من ‹M. مارس› [من جامعة سالامانكا في إسپانيا] و‹J. M. M. سينوڤيلا› و‹R. ڤيرا› [من جامعة مقاطعة الباسك] فكرة مماثلة، ولكنْ ليس على بداية الزمن بل على نهايته.

لقد ألهمتهم في ذلك نظريةُ الأوتار وافتراضُها أنّ كونَنا الرباعيَّ الأبعاد – ثلاثة أبعاد مكانية وبُعْد واحد زماني – يمكن أن يكون غشاء – أو ببساطة «**غشائيّة**» brane – يطفو في فضاء ذي أبعاد إضافيّة، مثلما تفعل ورقة شجر في مهبّ الريح. ونكون هنا مُحتجَزين على الغشائيّة مثل يرقة تتمسّك بتلك الورقة. وفي الحالة العادية، نحن نمتلك الحرية كي نحومَ ونتجوّل في سجننا رباعي الأبعاد. ولكنْ إذا ما هبّت عاصفةٌ على الغشائية، وبدأت الأخيرة بالطيران والتأرجح بقوّة كافية، فإنّ كلّ ما نستطيع فعله هو التمسّك بها للبقاء على قيد الحياة، وهذا يبطل قدرتنا على الحركة. وتحديدا، علينا التحرّك بسرعة أكبر من سرعة الضوء بغية القيام بحركة نتقدّم بها على طول الغشائيّة، ونحن لا نقدر على ذلك. ولما كانت جميع الإجرائيّات تتضمّن نوعا من الحركة، فإنها سوف تنتهي كلها إلى حالة من الجمود.

لن تزول الخطوطُ الزمنية المكوَّنة من لحظات متعاقبة في حياتنا (عندما يُنظَر إليها من الخارج)، لكنها سوف تنحني فحسب بحيث تغدو – بدلا من خطوط زمنية – خطوطا في المكان. وسوف تبقى الغشائيةُ رباعيّةَ الأبعاد، لكنّ الأبعاد الأربعة جميعها ستكون مكانيّة. يقول ‹مارس› إنّ جميعَ الأشياء «ملزَمةٌ بواسطة الغشائيّة بأن تتحرّك بسرعات تقترب شيئا فشيئا من سرعة الضوء، حتى يغدوَ ميلانُ المسارات في نهاية المطاف كبيرا جدا بحيث تصبح حقيقة كائنات أسرعَ من الضوء، ويزول عندها الزمن. وتكمن النقطة الأساسية هنا في أنّ هذه الكائنات قد تكون جاهلة تماما بما يحصل لها».

ونظرا لأنّ جميعَ ساعاتنا سوف تتباطأ وتتوقّف بدورها، فلن يكون عندنا أيّ طريقة للإعلام بتحوّل طبيعة الزمن إلى طبيعة مكانيّة، وكلّ ما سوف نراه هو أنّ الكائنات من أمثال المجرّات سوف تبدو متزايدة السرعة. ومن عجب أن يكون هذا بالضبط هو ما يلاحظه علماء الفلك في الواقع الفعلي ويعزونه عادة إلى نوع غير معروف من **الطاقة المعتمة** dark energy. فهل يمكن لتسارع الكون، أن يكون بدلا من ذلك أغنية البجع الخاصّة بالزمن؟

## لقد انتهى وقتُك(**)

قد يبدو لك في هذه المرحلة المتأخّرة أنّ الزمن قد تلاشى وأضحى لا شيئا، لكنّ ظلاّ شبحيا للزمن يظل متلكئا يتوانى عن الزوال. فحتى ولو لم تستطِعْ تعريفَ مدّة الاستغراق أو العلاقات السببيّة، فإنك لا تزال تقدر على وَسْم الأحداث بالأوقات التي وقعت فيها وعلى ترتيبها بعد ذلك وفق خطٍّ زمنيّ. لقد حقّقتْ مؤخّرا مجموعات عمل عدّة من منظّري الأوتار تقدّما في طريقة تجريد الزمن من هذه الخاصّيّة المتبقّية الأخيرة. لقد درس ‹J. E. مارتينيتش› و‹S. S. سيثي› [من جامعة شيكاگو] و‹D. روبنز› [من جامعة Texas A&M] وآخرون ماذا يحصل للزمن في متفرّدات الثقب الأسود باستخدام واحدة من أقوى الأفكار في نظرية الأوتار التي تُعرَف باسم المبدأ **الهولوگرافي** holographic.

إنّ **الهولوگرام** hologram (الصورة الثلاثية الأبعاد) هو نوعٌ خاصّ من الصور يستحضر إحساسا بالعمق. ومع أنّ الهولوگرام مستو، فإنه مُصمَّم ليبدوَ كما لو كان كائنا حجميّا صلبا يعوم أمامك في فضاء ثلاثي الأبعاد. ويقول المبدأ الهولوگرافي إن كونَنا برمّته مماثلٌ لمسقط هولوگرافيّ، حيث يمكن لمنظومة معقّدة من الجسيمات المتآثرة كموميا أن تثير إحساسا بالعمق، أي ببعد مكانيّ غير موجود في المنظومة الأصليّة.

وفي المقابل، نجد أنّ العكس غير صحيح، فليست أيّ صورة

(*) TIME STANDS STILL
(**) YOUR TIME IS UP
(1) Post-It

هولوگرامـا؛ بل يجب قولبتها بطريقـة صحيحة بغية تحقيق ذلك. وإذا خدشـتَ الهولوگرامَ، فإنك تُفسِـد وهمَ الانخداع الحسّـيّ. وبالمثل، لا تؤدّي أيُّ منظومة جسـيمات بالضرورة إلى كونٍ مماثل لكوننا؛ بل يجب قولبتُهَا بطريقة دقيقة لتحقيق هذا الأمر. إذا كانت المنظومة تفتقر في البدء إلى التناسـقات والانتظامات الضرورية، وقامت لاحقا بتكوينها، فيمكن للبعد المكاني أن يبرز إلى الوجود. أمّا إذا عادت المنظومة إلى حالة الفوضى، فيمكن لهذا البعد أن يختفي ويعود من حيث أتى.

إذن، تخيّلْ انهيارَ نجم ما إلى ثقب أسود. فبالنسبة إلينا، يبدو النجم ثلاثيَّ الأبعاد، لكنه يقابل قالبا موجودا في منظومةِ جسـيمات ثنائية البعد. وعندما تزداد شـدة ثقالته، تشـرعَ المنظومة الكواكبيّة الموافقة له في الهزهزة بشـدّات متزايدة. وعندمـا تتكون المتفرّدة، يختفي الترتيب كليّا. والإجرائية هنا مماثلة لانصهار مكعب من الثلج، حيث تنتقل جزيئات الماء من ترتيب منتظم بلّوريّ إلى هرج ومرج موافقَين للسـائل العديم الترتيب، أي إنّ البعد الثالث يزول فعليا بالانصهار.

ومـع زوال البعد الوهميّ يزول كذلك الزمـن. فإذا وقَعْتَ في ثقب أسـود، فإنّ الوقت الذي تحدّده سـاعتك يعتمد على مسـافتك عن مركز الثقب، التي تسـتمدّ تعريفهـا من البعد المكاني المنصهر. وعندما يتفكّك ويتحلّل هذا البعد، تبدأ ساعتُك بالتدويم والتأرجح دون أن يمكن السيطرة عليها، ويصبح من المسـتحيل القول إن أحداثـا تقع في أوقات محـدّدة، أو إنّ أجساما تكمن في أماكن معيّنة. «فقد انتهى المفهوم الهندسيّ المعهود **للزمكان** spacetime»، على حد قول <مارتينيتش>.

ومـا يعنيه ذلك من الناحية العمليـة هو أنّ المكان والزمن يتوقّفان عن تزويـد عالَمنا ببنيته. فإذا حاولت تحديد مواضع الأجسام، فسـتجد أنها تبدو واقعة في أكثر من مكان، ومن ثم، لا تعني الفواصل المكانية أيّ شيء بالنسبة إلى الأجسام؛ لأنها تقفز من مكان إلى آخر دون أن تجتاز المسـافة بينهما. وفي الحقيقة، فإن هذه هي الطريقة التي يمكن بها لبصمة رائد الفضاء سيّئ الطالع اجتاز نقطة اللاعودة في الثقب الأسود، **أفق حدثه** its event horizon، أن تعود وتخرج من الثقب «وإذا لـم يوجد المكان والزمن بالقرب من المتفرّدة، فإنّ أفق الحدث يتوقّف عن كونه معرّفا جيدا،» حسب قول <هوروڤيتز>.

وبعبارة أخرى، لا تُشذّب نظريةُ الأوتار المتفرّدةَ المفترَضةَ بالاسـتعاضة عنها بالنقطة الجانحة، شيئا مُستساغا أكثرَ، في حين أنها تتـرك بقيةَ الكون كما هو تقريبا. وبدلا من ذلك فإنهـا تكشـف عـن تحطُّم أعمقَ لمفاهيم الزمن والمكان بظهور نتائـج تتجلّى بعيدا عن المتفرّدة نفسـها. ولاتزال النظرية – دون أيّ شـك – تحتاج إلى مفهوم أوّليّ للزمن ضمن منظومة الجسـيمات، ولا يـزال العلماء يحاولون تطويـرَ تصوّر عن الديناميّة لا يفترض مسـبقا أيّ زمن على الإطلاق. وإلى أن يتحقق ذلك، يبقى الزمن متشبِّثا بقوّة بالحياة، فهو متجذّرٌ في أعماق الفيزياء إلـى درجة أنه لا يزال يتعين على الفيزيائيّين تخيُّل اختفائه النهائي والكلي.

يتمكـن العلمُ من فهم الأمور غير المفهومة بتحليلها، وذلك بتبيـان أنّ رحلـةً رهيبة ما هي إلاّ تعاقـب خطوات صغيرة. وبتفكيرنـا حول الزمن، نتوصل إلى تقدير أفضل لمكانتنا في الكون كمخلوقـات فانية. والخصائصَ التي سـوف يفقدها الزمن تدريجيا هي متطلَّباتٌ ضروريةٌ لوجودنا. فنحن نحتاج إلى أن يكون الزمنُ وحيدَ الاتّجاه لكي نتطوّر ونتقدّم؛ ونحتاج إلى مفهومَي المدّة والمقياس لكي نكون قادرين على توليد بنى معقّدة؛ ونحتاج إلى الترتيب السببيّ للأحداث بغية استيعابها وكشـف خباياها؛ وأخيرا نحتاج إلـى الفواصل المكانية كيِ تستطيع أجسامنا تكوين جيوب صغيرة مرتّبة ضمن العالَم. وعندما تنصهر وتختفي هذه الخصائص، تزول أيضا إمكانية بقائنـا على قيد الحياة. فنهاية الزمن قد تكون شـيئا يمكننا تخيّله، لكننا لن نسـتطيعَ إطلاقا اختبارَها مباشـرة، تماما كاستحالةِ بقائنا واعين في اللحظة التي نموت فيها.

وعندماَ يقترب أحفادنا وذريّاتنا البعيدة من نهاية الزمن، سيكون عليهم النضال من أجل البقاء ضمن بيئة كونية تتزايد عدائيتها، ولن تؤدّي مجهوداتهم إلاّ إلى تسريع الأمر المحتوم. ومع ذلك، لسـنا ضحايا منفعلين وسلبيين لمصرعِ الزمن، بل نحن مقترفو هذه الجريمة. فبحياتنا نحوّل الطاقةَ إلى حرارة ضائعة، ونسـهم في تحلّل الكون وتفكّكه. فعلى الزمن الموت كي يكون بالإمكان بقاؤنا على قيد الحياة. ■

المؤلف

***George Musser***

<موسِر> هو محرِّر في مجلة *ساينتفيك أمريكان*.

مراجع للاستزادة

**Toward the End of Time.** Emil J. Martinec, Daniel Robbins and Savdeep Sethi in *Journal of High Energy Physics,* Vol. 2006, No. 8; August 16, 2006. Preprint available at **arxiv.org/abs/hep-th/0603104**

**Is the Accelerated Expansion Evidence of a Forthcoming Change of Signature on the Brane?** Marc Mars, José M. M. Senovilla and Raül Vera in *Physical Review D,* Vol. 77, No. 2; January 11, 2008. **arxiv.org/abs/0710.0820**

**Cycles of Time: An Extraordinary New View of the Universe.** Roger Penrose. Bodley Head, 2010.

***Scientific American,* September 2010**

# ثورة مؤجلة(*)

*فَشِلَ مشروع الجينوم البشري حتى الآن في إنتاج المعجزات الطبيةِ التي وعد بها العلماء. والبيولوجيون (الأحيائيون) منقسمون الآن في تفسير ما طرأ من خطأ، إن حصل، وما يجب فعله فيما بعد.*


<S. هال>


قبل عقد من الزمن كان **البيولوجيون**[1]، وغيرهم من العلماء مفعمين بالتفاؤل حول مشروع الجينوم البشري الواعد، الذي بلغت تكاليفه ثلاثة بلايين دولار. عند الإعلان عن المسودة الأولى لـ«**كتاب حياة» البشر**[2]، الذي تَمّ في حفل أقيم في البيت الأبيض في صيف عام 2000، تنبأ <بيل كلينتون> بأن مشروع الجينوم البشري سيؤدي إلى ثورة في تشخيص معظم الأمراض التي يصاب بها البشر وإلى الوقاية منها أو معالجتها.

وقبل ذلك التاريخ بعام واحد رسم <F. كولينز> [الذي كان في ذلك الوقت مديرا للمعهد الوطني لأبحاث جينوم الانسان، وربما الأكثر حماسا من بين المشاركين في المشروع] رؤية كبرى لطب شخصي يظهر بفضل هذا المشروع بقدوم عام 2010: توفر فحوصات جينية تدل على مخاطر إصابة شخص معين بمرض القلب أو السرطان أو أمراض أخرى، ويتبع ذلك الإنجاز سريعا إيجاد وسائل وقاية وطرق علاج شخصية مصممة تبعا لطبيعة الفرد.

وحتى قبل فك كود تسلسل حروف **الدنا** DNA الكامل والأول للصبغيات البشرية، انطلقت مشروعات مزودة بتقانات السلسلة القوية وبوسائل تحديد الخريطة الوراثية وبقواعد بيانات ناشئة وبلعبة منطقية «لاستخلاص المعجزات» – بتعبير <كولينز> – من الجينوم لتحديد جينات مفتاحية مسؤولة عن أعباء البشر الطبية الكبرى.

وبقفزها زمنيا من ذلك التاريخ إلى عام 2010، وجدت الأسرة العلمية نفسها منقسمة بعد أن فاقت من سكرتها. والإشكالية لا تكمن في مشروع الجينوم ذاته الذي أحدث ثورة في مستوى سرعة ونطاق الأبحاث الأساسية، والذي كشف عن الغاية الكامنة لما جرت تسميته «**الدنا الخردة**» Junk DNA، وكشف حتى عن وجود بقايا دنا إنسان نياندرتالي في جينوم الإنسان الحالي. ويعكس <B. ڤوگلشتاين> [الباحث في السرطان] إحساسا عاما عندما يقول: «لقد غيَّرَ مشروع الجينوم البشري بشكل جذري الطريقة التي نمارس بها الأبحاث العلمية».

وتتمثل الإشكالية بأن الأبحاث التي انبثقت من مشروع الجينوم فشلت حتى الآن في تحقيق الوعود الطبية التي أطلقها <كولينز> وغيره منذ عقد من الزمن. ويقول <A .R. فاينبرگ> [عالم البيولوجيا المختص بالأورام من معهد وايتهيد للأبحاث الطبية الحيوية في كامبريدج ماساتشوستس]: «إن العوائد فيما يخص **جينوميات السرطان**[3] كانت متواضعة نسبيا

(*) REVOLUTION POSTPONED
(1) biologists = المتخصصون في علم الأحياء (بيولوجيا).
(2) the human "book of life"
(3) cancer genomics

## باختصار

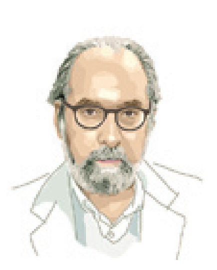
**في عام 2000 أعلن مديرو مشروع الجينوم البشري اكتمال المسودة الأولى للجينوم البشري، وتنبؤوا بأن الأبحاث اللاحقة ستمهد الطريق لتأسيس الطب الشخصي وذلك في غضون العشر سنوات القليلة القادمة.**

**لم يؤد هذا العمل حتى الآن إلا إلى القليل من التطبيقات الطبية، علما بأن المعرفة المكتسبة قد أحدثت ثورة في أبحاث علم الحياة.**

**يعتقد بعض علماء الوراثة الرواد أن الاستراتيجية المفتاحية للبحث عن المعرفة الطبية في أمراض معقدة شائعة، وهي الفرضية المعروفة «بالتنوع المتشارك» خاطئة أساسا. كما يؤكد غيرهم من العلماء صحة هذه الاستراتيجية وضرورة الانتظار لمدة أطول كي يتم تحصيل الفوائد المرجوة.**

**يتوقع أن تساعد وسائل الجيل اللاحق لدراسة الجينوم على حل هذا الخلاف، ومن ثم تطوير البحث باتجاه الجذور الجينية للأمراض الرئيسية.**

المؤلف



***Stephen S. Hall***

*خلال أكثر من عشرين عاما، كان يكتب حول «مشروع الجينوم البشري» ويغطي أخباره. وقد نشرت له عدة مقالات حول «العلم المعاصر»، كما صدرت له ستة كتب أحدثها:* **الحكمة: من الفلسفة إلى علم الأعصاب** Wisdom: From Philosophy to Neuroscience.

ومتواضعة جدا قياسا بالموارد المستثمرة». وذكر <H. ڤارموس> [المدير السابق لمعهد الصحة الوطني] حديثا في الدورية *New England Journal of Medicine*: أن «مجموعة متواضعة في التغيرات الرئيسية...دخلت نطاق التطبيب العملي الروتيني»، وأضاف «أن معظمها كان نتيجة اكتشافات سبقت الكشف عن الجينوم البشري.» ويقول <B. D. گولدشتاين> [مدير مركز تنوع الجينوم البشري في جامعة ديوك]: «من العدل الاعتراف بأننا لن نتحول إلى المعالجة الشخصية للأمراض الشائعة في العام القادم.»

قد يكون من المغالاة توقع حدوث المعجزات في فترة لا تتجاوز العشر سنوات (بغض النظر عن توقعات مُحبذي مشروع الجينوم)، إلا أن هناك تساؤلا أكثر إزعاجا يقبع خلف كواليس خيبة أمل اليوم هذه: هل يعود تأثير هذا البحث المتواضع في الطب والمفاجئ حتى الآن إلى استراتيجية خاطئة اتبعها العلماء في البحث عن الأسباب الوراثية للأمراض الشائعة؟ وتتكون هذه الاستراتيجية أساسا من البحث عن تنوعات قليلة في نص دنا الجينات التي يمكن أن تزيد في مجموعها من خطر إصابة الفرد بخلل شائع. ومنذ عدة سنوات عمل العلماء على اتباع فرضية أن تنوعات مشتركة معينة ستنتشر لدى أفراد ذوي أمراض معينة، وأن العثور على هذه التنوعات سيقود إلى فهم كيفية انتقال الاستعداد للإصابة بأمراض رئيسية معقدة حيويا، مثل الداء السكري من النمط 2 وتصلب الشرايين، من جيل إلى آخر. هل يعني الفشل في العثور على **تنوعات جينية**[١] ذات أثر ملحوظ في المرض أن هناك خطأ في فرضية «**التنوع المشترك**»؟[٢]

خَلَّف هذا التساؤل انشقاقا في الرأي لدى أسرة الباحثين في الشؤون الطبية. فمن جهة يُصِرُّ علماء جينوم قياديون على أن استراتيجية التنوع المشترك فعالة. فهناك، كما يقول <E. S. لاندر> [مدير معهد برود التابع لمعهد وايتهيد]، أبحاث حديثة كشفت عن مؤشرات جينية مثيرة جدا للأمراض، وذلك في السنوات الثلاث الماضية، ويضيف فيقول «إننا لم نخرق السطح بعد فيما يخص جعبة التنوعات المشتركة».

> **من جهة، يُصِرُّ رواد علم الجينوم على أن استراتيجية «التنوع المشترك» للعثور على مؤشرات لمسببات الاختلالات الشائعة، تعمل بنجاح.**

يعتبر <E. S. لاندر> [الباحث في المعهد M.I.T] التقدم المتحقق «مذهلا».

وهو يؤمن بقدوم الثورة في الطب الحتمي بتقدم التقانات مع مرور الزمن بحيث يدركه أطفالنا، وهذا إن لم ندركه نحن. أي بعبارة أخرى، إن كل ما في الأمر هو أن الثورة القادمة ستأتي متأخرة.

ومن جهة أخرى، ازداد عدد البيولوجيين الذين يُصِرُّون معا على كون استراتيجية التنوع المشترك خاطئة. ففي مقالة احتدم الجدل حولها، نُشِرَت في مجلة ***الخلية*** *cell* في عدد الشهر 2010/3، دافعت عالمة الوراثة <C-M. كينگ> و<J. M. ماكليلان> [في جامعة واشنطن] عن فكرة أن الغالبية العظمى للتنوعات المشتركة ليست بذات قيمة حيوية فيما يخص الفائدة السريرية أو المرضية للتشخيص أو العلاج. كما سَمَّى عالم الوراثة <W. بودمر> [وهو رجل الحكومة الشيخ في العلوم البريطانية] بكل بساطة استراتيجية البحث عن تنوعات مشتركة «خطأ علميا.»

بينما يحتفل بعض علماء الجينوم بالتقدم الذي تمّ إنجازه حتى الآن، يرى آخرون في هذه النتائج ذاتها أن مَعالِمَ الفشل غالبة، وهم يتساءلون: إلى أين نمضي من موقعنا هذا؟ إن البحث عن جواب قد يأخذ الأبحاث الطبية في مسعاها نحو اكتشاف مرض الإنسان وكيفية توارثه عبر الأجيال إلى مسارات جديدة حتما.

## خيبةُ أملٍ[*]

تبدو فرضية التنوعات المشتركة كرِهانٍ معقول عندما تمّ تبنيها في التسعينات، أيٍ عندما تم افتراض أن العديد من الأمراض البشرية المعروفة قابلة للتفسير من خلال عدد قليل نسبيا من تنوعات جينية مشتركة. فقد عُرِّفت الجينات تقليديا بكونها امتدادات الدنا التي تكود البروتينات. ويمكن تخيل هذه التنوعات كنصوص للجين ذاته مختلفة قليلا، أي متطفرة، وهذا يغير إما الجزء من الدنا المكود للبروتين أو الدنا القريبة منها، والتي تنظم سرعة وتوقيت «تعبير» الجين أي «تركيب البروتين». وللبروتينات وظائف عديدة في الخلية، وقد يؤدي قصور في عملها أوتناقص تركيزها إلى خلل في

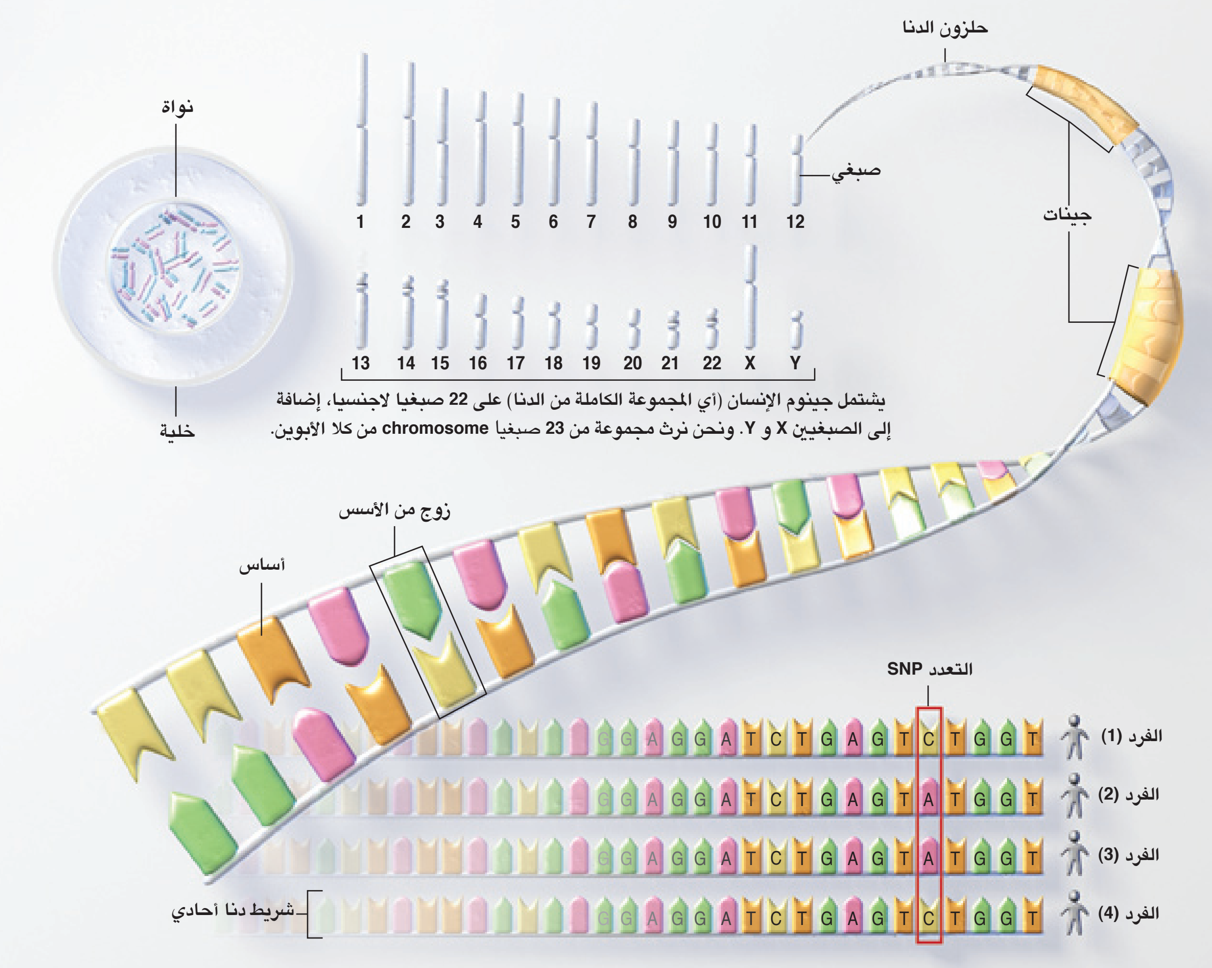
(*) Disappointment
(١) genetic variations
(٢) common variant

# المنطق وراء دراسات الجينوم(*)

**بدأ العديد من الأبحاث حول الإسهامات الجينية في الأمراض الشائعة اعتمادا على ما يبدو افتراضا منطقيا، وهو أن تنوعات الدنا التي تحدث بكثرة في الجماعات البشرية هي مصدر الخطأ. إلا أن البعض يجادل في صحة هذا الطرح ويعتبره خاطئا.**

## نقطة البداية

حدد مشروع الجينوم البشري تسلسل الأسس المزدوجة أو مكونات الدنا الأساسية في الجينوم البشري اعتمادا على عدة متطوعين. ويُمثِّل زوج نكليوتيد مفرد (A,C,T,G) في شريط واحد من زوج حلزون الدنا ومتممه[1] على الشريط المقابل له (A يقابل T دائما، و C يقابل G دائما). وقد بيّن العمل المرتبط بذلك وجود كثير من تعددات الأشكال الأحادية النكليوتيد أو ما يُرمز لها بالتعددات SNPs[2]، وهي مواقع من الصبغي حيث يختلف زوج الأسس في شخص عما هو موجود في شخص آخر (*في الأسفل*) وقد حددت على أنها تعددات SNPs «مشتركة»، تلك التي تتغير في كثير من الناس.




يشتمل جينوم الإنسان (أي المجموعة الكاملة من الدنا) على 22 صبغيا لاجنسيا، إضافة إلى الصبغيين X و Y. ونحن نرث مجموعة من 23 صبغيا chromosome من كلا الأبوين.

## نتائج الدراسات

كان الباحثون يأملون بإمكان تحديد تنوعات الجين المسؤولة عن أمراض رئيسية وذلك من خلال مقارنة النكليوتيدات في التعددات SNPs المشتركة في الجينومات برمتها للمرضى وللأسوياء. وتنوعات التعدد SNP، أو الأليلات alleles[3]، والجينات القريبة المكودة للبروتينات تميل إلى أن تورّث معا بحيث توقع الباحثون أن أليلات التعدد SNP التي تظهر بتواتر أكبر كثيرا في الأفراد المرضى ستشير إلى تنوعات مشتركة للجين مهمة للمرض. وقد كشفت دراسات في مستوى الجينوم (GWA) العديد من أليلات التعدد SNP المرتبطة بأمراض محددة. إلا أن هذه التنوعات المكتشفة ليست مسؤولة حتى الآن إلا عن جزء يسير من خطر الإصابة بالمرض.

تنوع جين قريب

أليل التعدد SNP المرتبط بالمرض

مريض

مريض

مريض

سوي

سوي

(*) The Logic behind Genome Studies

(۱) its complement

(۲) single-nucleotide polymorphisms «تعددات الأشكال الأحادية النكليوتيد» أو ما يرمز لها بـSNPs.

(۳) ج: أَليل = صفة مضادة (مقابلة). (التحرير)

## مواقف مختلفة(*)



<F. كولينز> [مدير المعهد الوطني للصحة] (*في اليسار إلى الأعلى*) هو من بين أكثر العلماء المجاهرين بآرائهم ممن يجادلون في الطريقة الأفضل للمضي قدما في البحث عن الأساس الجيني للأمراض المعقدة الشائعة، وهو يؤكد أن الكشف عن تنوعات جينية مرتبطة بالأمراض طريقة فعالة للوصول إلى اكتشافات طبية قيمة. وفي المقابل ترى <M. C. كينگ> [من جامعة واشنطن] (*في اليسار إلى الأسفل*) أن البحث عن تنوعات نادرة للجينات منخرطة في المرض أسلوب أكثر جدوى. وهي تشير كما يفعل غيرها إلى بحث <H. H. هوبس> و<J. كوهن> (*في الأسفل*) حول تنوعات الجين النادرة المسببة للعوارض الشديدة – كنموذج لاستخراج المسببات الجذرية للاختلالات الشائعة. وحديثا كشف هذا العمل عن هدف رئيسي للدواء يقلل من خطر الإصابة بمرض قلبي لدى عامة الناس.






المسارات الاستقلابية الجزيئية، أو في تآثرات بالسلاسل، المهمة للصحة.

يقول <لاندر>: إن الاعتقاد بأنه قد يكون للتنوعات المشتركة فائدة في أن للمرض فهما منطقيا تطوريا معينا. فقد ألقى الانفجار السكاني السريع الحديث لأسلافنا منذ عشرات الآلاف من السنوات بالعديد من التنوعات في **تجميعية جينية** gene pool الإنسان. وتمثل الرهان بإمكان العثور على التنوعات المشتركة (المقصود «بالمشتركة» عموما هو ظهورها لدى ما لا يقل عن خمسة في المئة من أية جماعة من الناس) بسهولة وبأن عددا قليلا منها (دستة أو احتمالات عدة) يستطيع أن يهندس درجة تقبلنا للإصابة بأمراض مثل ضغط الدم المرتفع أو الخَرَف وعدد آخر من الاختلالات الشائعة. ويمكن أن تصبح التنوعات الجينية المرتبطة بالمرض، والپروتينات التي تكودها، إضافة إلى المسارات الاستقلابية التي لها دور مفتاحي فيها، مناطق استهداف محتملة للأدوية.

إلا أن هذا النموذج تعرض منذ البداية لبعض الانتقادات. ففي عام 1993 استعار <K. M. فايس> [وهو عالم بيولوجيا تطوري في جامعة ولاية پنسلڤانيا] مقولة شهيرة لـ<ليو تولستوي> حول العائلات في روايته «*آنا كارنينا*» للإشارة إلى نقطة حول **جينية الأمراض المعقدة**(1): «إن جميع العائلات السوية صحيا تشبه بعضها بعضاً، أما العائلات المريضة فكل واحدة منها تمرض بطريقتها الخاصة». ومضمون فكرة <فايس>، و<J. D. تيرفيلليگر> التي طرحاها لمرات عدة، هو أن للتنوعات المشتركة غالبا مفعولا حيويا ضعيفا جدا؛ ذلك لأنه لو كان لهذه التنوعات مفعول مُضِرٌّ قوي لعَمِلَ **الانتخاب (الاصطفاء) الطبيعي** natural selection على منع انتشارها في الجماعة. ويعتقد كل منهما أن المرجح هو ظهور الجنوح نحو الأمراض المعقدة حيويا نتيجة وراثة العديد من التنوعات النادرة المساعدة للمرض، والتي يمكن أن تصل أعدادها إلى المئات أو الآلاف في أي فرد ما. أي كما جاء في رواية <تولستوي>: إن المرضى البشر بائسون جينياً بطريقتهم الخاصة. ولكن هذه الحجة قد جاءت من أطراف بعيدة عن

(*) Divergent Views
(1) the genetics of complex diseases

الحكمة المعتمدة، بشـــهادة من أوجدوها؛ فإن هذا لم يشجع على كسبها للعديد من الأنصار.

إن الطريقــة البديهية لحســم وتحديد من كان مُحقّا في هذا الشـــأن تتمثل بسَلْسَـــلَةِ كامل الجينوم لأفراد مرضى وأصحاء، ومن ثم اســـتخدامِ حواسيب قوية تحدد تنوعات الدنــا الظاهرة لدى مرضى مـــن ذوي مرض معين والغائبة عن الشـــواهد. ويأتي هذا المنحى مخالفا للأبحاث الجينية المعتادة في الماضي، إذ اســـتندت الأخيرة إلى توجيه يأتي من قبل البيولوجيا يرجح دور جين معين في خلـــل ما. إن اعتمـــاد المقارنات بلا توجه أو معرفة مسبقة سيسلط الضوء فيما يبدو على كل الدنا المذنبة بما في ذلك تلك التي لم يشك في أهميتهـــا. ولم يكن بالإمكان اعتماد هذا الأسـلوب منذ عشر سنوات لأسباب تقانية. لــذا في المقابـل، وفرت فرضيـــة التنوعات المشـــتركة – في حـــال صحتهـــا – طريقا مختصرا لاكتشـــاف هوية الجينـــات التي أسهمت في الإصابة بالأمراض الشائعة.

بدأ علمـــاء الجينوم تحت مظلـــة فرضية التنوع المشـــترك بالتخطيط لإجراء دراسات كبيرة، وعرفت هـــذه **بدراسـات الترابطات بمستوى الجينوم**[1] (غالبا ماسميت: GWAS) واعتمدوا في ذلك على **معالم** landmarks في الدنا معروفة باســـم **تعددات الأشكال الأحادي النيكليوتيد SNPs**[2] («snips») للكشف عن تنوعات الجين المشتركة ذات الأهمية في الأمراض. وتمثل هذه التعددات المنتشرة على طول الصبغيات مواقع معينة في الدنا (ليســت بالضرورة في الجينات ذاتهـــا) حيث اختلف حرف أحادي للكود في موقع معين لدى شخص عما هو موجود في ذات الموقع لدى دنا شـــخص آخر. فالخطة الموضوعة تمثلت بفحـــص عدد كبير من التعددات التي تتنوع في الأفراد وذلك لتبيان أي من هذه التعددات أكثر شـــيوعا في أفراد مصابين باختلال معين. إن ربط التعددات بالمرض إحصائيا ســـيقود الباحثـــين إلى تنوعات الجين القريبة (والتي تورث مع المعالم) المفسرة للترابط.

واســـتدعت هذه الخطة تأســـيس أطلس لتعدد الأشكال أحادي النيكليوتيد المشـــتركة لدى البشر. وفي خضم العقد الماضي، أو مايقارب ذلك، جَمَعَ البيولوجيون عددا متزايدا من التعـــددات بهدف الوصول في أبحاثهم إلى جذور الأمراض، بداية **بالاتحـــاد الخـــاص بالتعـــدد** SNP Consortium الذي جمع خرائط هذه المعالم الواقعة في صبغيات الإنسان، ومن ثـــم لاحقا **الخريطـــة المفـــردة** HapMap (والتي هي أكبر من التعددات وسميت **بالنمط الوراثي المفرد** haplotype). وقد تمَّ التمعن في مئات الآلاف من التعددات المشتركة في جينومات عشرات الآلاف من المرضى، والشواهد في السنوات الخمس الأخيـــرة، وذلك في خضـــم البحث عن التعـــددات الخاصة المرتبطة بمرض شائع.

وهذا هو موقع الشـــرخ الذي حدث لدى الأسرة العلمية.

**إن الحجة الحالية حول فرضية التنوع المشترك تقترح طريقة واحدة على الأقل لحل ما يسميه الكثيرون بإشكالية «الوراثية المفقودة[3]».**

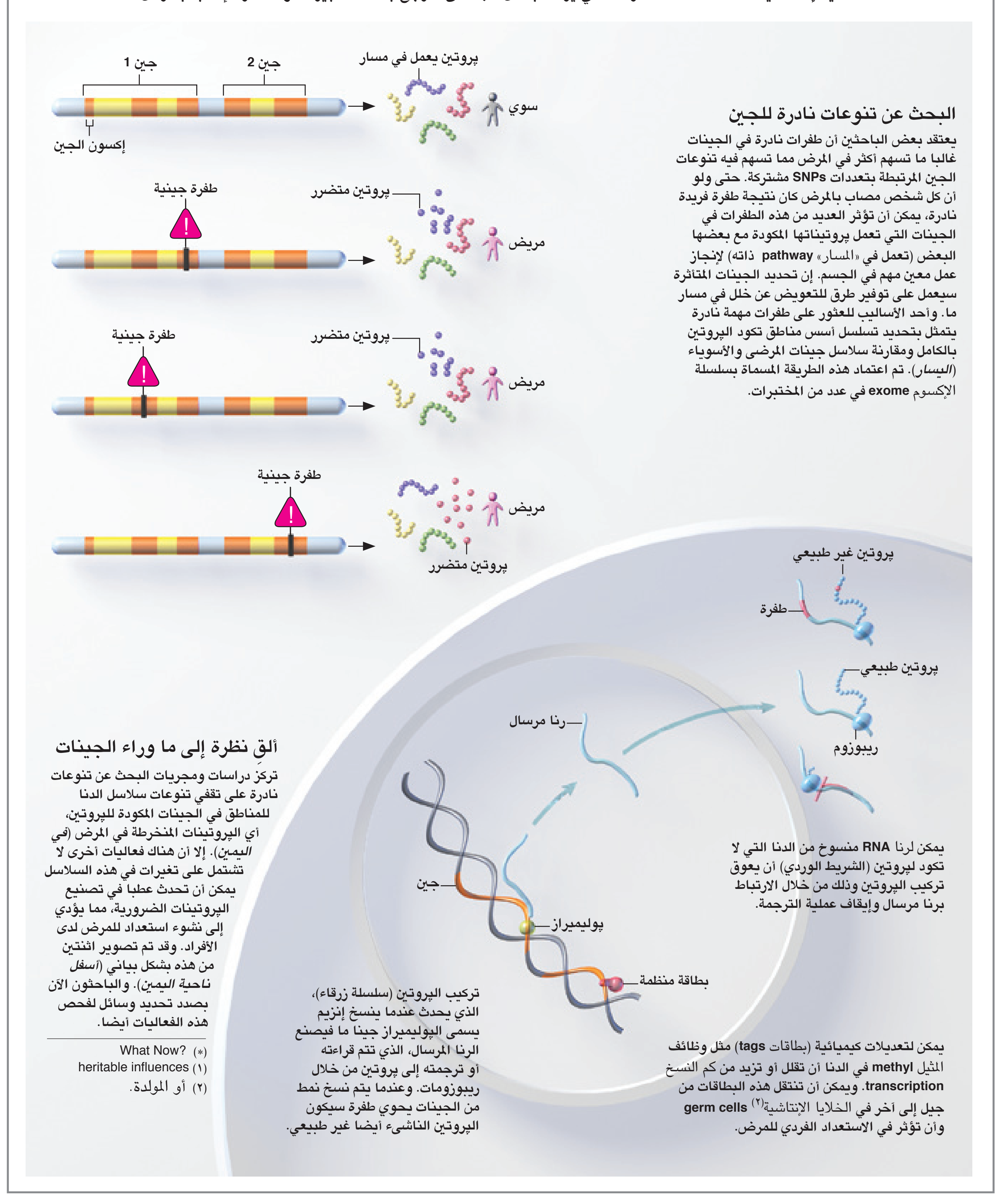
فالعالم <لاندر> وغيره يهللون للاكتشـــافات الجديدة المتعلقة بالتعددات المشتركة المرتبطة بأمـــراض يعتبرونها بوابة لدخول مســـارات اســـتقلابية طبية مهمة. ولتأكيد ذلك يشـــار إلـــى فيض من النشـــرات الحديثة من اتحاد الجينوم الضخم الذي عمل على كشف مئات التعددات المشـــتركة المرتبطـــة بأمراض مثل الفصام والســـكري من النمـــط 2 وألزهايمر وارتفاع ضغط الدم. وقد ادعى <كولينز> في ظهور مؤخر له لدى برنامج «*شارلي روز*» في قنـــاة «پي بي أس» أن العلماء قد وصلوا إلى تصور حول كيفيـــة تأدية ما يقرب الألف من هذه التنوعات المشتركة دورا في تحديد خطر الإصابة بالأمراض، وأن هذه المعلومات قد استخدمت لتغيير رؤيتنا الشاملة حول كيفية تطوير مداواة جديدة للسكري أو الســـرطان أو أمراض القلب. وفي المقابل، يشير آخرون إلى أن البيانـــات لم تكن مفيدة جدا حتى الآن في التنبؤ بأخطار المرض. ففي مرض السكري من النمط 2، على سبيل المثال، تم تحديـــد 18 تعدداً مرتبطا بالمـــرض بعد تحليل 2.2 مليون تعدد في أكثر من عشرة آلاف شخص؛ علما بأن هذه المواقع في مجملها لاتفســـر إلا ما لايزيد علـــى 6% من وراثية هذا المرض، وهي لا توضح طبيعة الأسباب الحيوية للمرض كما يقول <گولدشتاين> [من جامعة ديوك].

في عـــام 2008 ذكـــر <گولدشـــتاين> في *مجلـــة التايمز الأمريكية*: «من المثير للاســـتغراب أننـــا فككنا كود الجينوم البشـــري ونحن قادرون على معاينة كامل التنوعات الجينية المشـــتركة، فماذا نجد؟ لاشـــيء تقريبا، وهذا لايصدق على الإطـــلاق». وفي صيف عام 2009 تحدث <گولدشـــتاين> عن فرضية التنوعات المشـــتركة والأمراض الشائعة كما لو أنها

(١) genome-wide association studies
(٢) single-nucleotide polymorphisms
(٣) missing heritability

# ماذا الآن؟(*)

**إن عددًا من العلماء الباحثين في** التأثيرات المتوارثة(١) **في الأمراض الشائعة، يُشجع على التوجه إلى استراتيجيات لا تعتمد على تحاليل إحصائية لتعددات SNPs مشتركة، التي يرى البعض أنها على الأرجح بلا دلالة كبيرة حول خطر الإصابة بالمرض.**




## البحث عن تنوعات نادرة للجين

يعتقد بعض الباحثين أن طفرات نادرة في الجينات غالبا ما تسهم أكثر في المرض مما تسهم فيه تنوعات الجين المرتبطة بتعددات **SNPs** مشتركة. حتى ولو أن كل شخص مصاب بالمرض كان نتيجة طفرة فريدة نادرة، يمكن أن تؤثر العديد من هذه الطفرات في الجينات التي تعمل بروتيناتها المكودة مع بعضها البعض (تعمل في «المسار» **pathway** ذاته) لإنجاز عمل معين مهم في الجسم. إن تحديد الجينات المتأثرة سيعمل على توفير طرق للتعويض عن خلل في مسار ما. وأحد الأساليب للعثور على طفرات مهمة نادرة يتمثل بتحديد تسلسل أسس مناطق تكود البروتين بالكامل ومقارنة سلاسل جينات المرضى والأسوياء (*اليسار*). تم اعتماد هذه الطريقة المسماة بسلسلة الإكسوم **exome** في عدد من المختبرات.

يمكن لرنا **RNA** منسوخ من الدنا التي لا تكود لبروتين (الشريط الوردي) أن يعوق تركيب البروتين وذلك من خلال الارتباط برنا مرسال وإيقاف عملية الترجمة.

## ألقِ نظرة إلى ما وراء الجينات

تركز دراسات ومجريات البحث عن تنوعات نادرة على تقفي تنوعات سلاسل الدنا للمناطق في الجينات المكودة للبروتين، أي البروتينات المنخرطة في المرض (*في اليمين*). إلا أن هناك فعاليات أخرى لا تشتمل على تغيرات في هذه السلاسل يمكن أن تحدث عطبا في تصنيع البروتينات الضرورية، مما يؤدي إلى نشوء استعداد للمرض لدى الأفراد. وقد تم تصوير اثنتين من هذه بشكل بياني (*أسفل ناحية اليمين*). والباحثون الآن بصدد تحديد وسائل لفحص هذه الفعاليات أيضا.

تركيب البروتين (سلسلة زرقاء)، الذي يحدث عندما ينسخ إنزيم يسمى البوليميراز جينا ما فيصنع الرنا المرسال، الذي تتم قراءته أو ترجمته إلى بروتين من خلال ريبوزومات. وعندما يتم نسخ نمط من الجينات يحوي طفرة سيكون البروتين الناشىء أيضا غير طبيعي.

يمكن لتعديلات كيميائية (بطاقات **tags**) مثل وظائف المثيل **methyl** في الدنا أن تقلل أو تزيد من كم النسخ **transcription**. ويمكن أن تنتقل هذه البطاقات من جيل إلى آخر في الخلايا الإنتاشية(٢) **germ cells** وأن تؤثر في الاستعداد الفردي للمرض.

(*) What Now?
(١) heritable influences
(٢) أو المولدة.

غــدت جزءا من الماضـي: «لقد دخلنا في هذا المجال وخرجنا منه فتبين لنا أنه المجال الذي عمل على تفسير أقل بكثير مما اعتقد البشر أنه قادر على تفسيره.»

يقــول <D. بوتشــتاين> [مــن جامعــة پرينســـتون] عن اســـتراتيجية إيجاد خريطة **للنمط المفرد** haplotype بطريقة مشـــابهة إلى حد كبير: «كان لابد من محاولة إنجاز ذلك، إذ لولا ذلك لما عرف أحد بأنهــا لن تنجح». ويقول: إن الخريطة المنفردة التي كلّفت 138 مليون دولار أمريكي كانت «خطأ عظيما.»

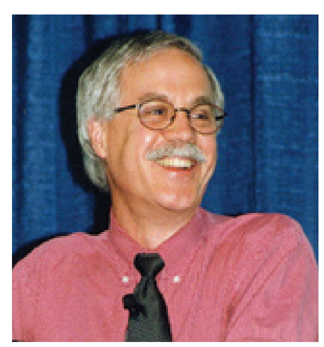
إن <W. بودمــر>، الــذي كان مــن بــين الأوائل ممن اقترحوا مشــروع الجينوم في الثمانينــات من القرن الماضــي، وهو رائد دراســـات الارتباطات التي ســيطرت على الجينوميات الحديثة، يؤكــد أن البحث عن تنوعــات مشــتركة للجين، مــن منطلق علم الحياة، هو طريق مسدود. وهو يقول: «إنه من المستحيل تقريبا العثور على ماهية المفعول الحيوي لكل من هذه التنوعات في الجينات وهذا عامل مفتاحي بالمطلق.» ويضيف: «إن الغالبيــة العظمى للتنوعات [المشــتركة] لم تضء الجانب الحيوي للأمراض.»

### أساليب جديدة للتقدم(*)

إن الحجة الحالية حــول فرضية التنوع المشــترك ليســت مجرد فحوى جدل علمي قديم؛ ذلــك لأنها تشــير إلى طريقــة بديلة واحدة على الأقل للمضــي قدما وإيجاد حل معقول لما يدعيه الجميع بإشكالية «الوراثية المفقودة»، وذلك في المدى القصير على الأقل. وفي هذا السياق حَثّ <بودمر>، على سبيل المثال، زملاءه على تمرين أعينهم على البحث عن تنوعات جينية نادرة. إن الحد الفاصل بين ما هو مشــترك وما هو نادر ليس دقيقا. ووفقا لتعريــف <بودمر> يعود «النادر» إلى طفرة جينية معينة تحــدث لــدى 5.0 إلى 1 أو 2 في المئة مــن الأفراد في جماعة ما (وهو تردد يقع أســفل قوة فصل معظم الدراسات الحالية للترابط بمســتوى الجينوم). إلا أن فحوى الفرضية الرئيسية هــذه هو أن تنوعات الجين التي تُحـدِثُ تأثيرا مرضيا كبيرا تميــل إلى الندرة، كما تميل تلك المشــتركة منها إلى أن يكون مفعولها المرضي معدوما أو قريبا من ذلك.

ظهرت هذه الحجة ذاتها في مقالة مجلة *الخلية* المثيرة للجدل من خلال <كينگ> و<ماكيلان> والتي أثارت في ربيع عام 2010 هذا القدر الكبير من العدائية لدى أســرة الجينوم، وهي مقالة رفضها <لانــدر> بحجة أنها تمثل مجــرد موقف مجزأ حيال هذا البحث. إن كلا من <كينــگ> (الذي وجد مئات التنوعات النــادرة في جينــي الــ *BRCA1* والـ *BRCA2* التي تسـبب سرطان الثدي العائلي) و<ماكليلان> (الذي وجد كذلك العديد مــن الجينات النادرة التي تســهم في وراثــة مرض الفصام) يقترحان نظاما جديدا لفهم الأمراض المعقدة. وكلاهما يرى أن معظم هذه الأمراض «غير متجانسة» (أي إن عددا متنوعا من الطفــرات المتنوعة في جينات كثيرة مختلفة قادرة على اجتثاث ذات المرض). وإن معظم الطفرات ذات التأثير القوي نادرة، فالعديد مــن التنوعات الجينية النادرة هي إضافات حديثة نســبيا لتجميعية الجينات. وهكذا، فإن تحديــد تنوعات نادرة للمرض سيســمح للباحثين بفهم مســارات جزيئية خاصة مرتبطة بمرض معين، وسيقود الفهم الحيوي لهذه المسارات إلى مجموعة من التداخلات العلاجية الجديدة.

**ببساطة، إن تعريف الجين ذاته – ناهيك عن الجينات المهمة طبيا – مُرْبِك بعدة طبقات من التعقيد.**



<H.J. نادو> عمل على توثيق وراثة سمات مكتسبة في الفئران.

ويشــير كل من <بودمر> ومؤلفي نشــرة *الخلية*، وغيرهــم إلى عمــل <H .H. هوبس> و<C .J. كوهــين> كنمــوذج يســتفاد فيه من معارف علم البيولوجيا للكشف عن معلومات طبية قيمة مدفونة في الجينوم. وتركز وسيلة <هوبس> و<كوهن> علــى حالات متطرفة من المرض، مفترضــين أن تغيرات متطرفة نادرة للجين التي تحدث خللا حيويا قويا ستفســر هذا التطرف، وســتبرز بشــكل قوي. وهما يختــاران الجينات التي ســيفحصانها لدى هؤلاء الأفــراد اعتمادا على معلوماتهم الآتية من علم الحياة. وهما يجريان سَلْسَلة لجينات مرشحة معينة، باحثين عــن تنوعات دقيقة بين الأفراد ذات تأثير وظيفي كبير عوضا عن البحث في ترابطات التعددات SNPs التي يمكن أن تشــير في أحيان كثيرة إلى مجرد تجاور جيني لجين متعلق بمرض بدلا من الجين ذاته.

عندما كانت كبــرى الأخبار في حقل الجينوم عام 2000 تتركز حول السباق بين <C .J. ڤينتر> [مؤسس الشركة سيليرا جينوميكس Celera Genomics] وعلماء المعهد الوطني للصحة لإنتاج المســودة الأولية لسلاسل جينوم الإنسان، باشر كل من [ <كوهــن> و <هوبس>](1) بهدوء مشــروعهما المعروف

(*) New Ways Forward

(1) <كوهن> فيزيولوجي من جنوب إفريقيا درس استقلاب الكولسترول (تركيبه وتحطيمه) لسنوات عدة. و<هوبس> المدربة كطبيبة، وهي الآن باحثة في معهد هوارد هيوز في المركز الطبي التابع لجامعة تكساس الجنوبية الغربية في دالاس، وقد أجرت أبحاثا في مختبر <S .M. براون> و<L .J. گولدشتاين> اللذين تقاسما جائزة نوبل عام 1985 لعملهما حول استقلاب الكولسترول الذي أفضى إلى تطوير صنف شائع من الأدوية الخافضة للكولسترول المسمى **بالستاتينات** statins. (التحرير)

باسم دراسة «دالاس» للقلب للمساعدة على كشف مسببات أمراض القلب.

حــدد <هوبــس> و<كوهــن> بُوصَلَتهمــا العلمية وفقا لحدسهم العلمي الحيوي. ونجم عن ذلك اعتماد استراتيجية مختلفــة تماما عمــا اعتمده تقريبا جميــع الآخرين الذين عملوا في مجــال الجينوميات. وقد جندا للدراســة 3500 مواطــن مقيم في محافظة دالاس (نصفهــم أمريكيون من أصول إفريقية) وجعلوهم يمارســون جهدا طبيا شــديدا. ولم يركز الباحثان فقط علــى الجينوم (علما بأنهما جَمَعا كما يتعين عليهما عينات الدنا من كل فرد) بل جمعا أيضا قياسات دقيقة للعديد من العوامل التي يمكن أن تسهم في أمراض الشــريان التاجي: كيمياء الدم (بما فيها قياسات الكولسترول) والاستقلاب وشحوم الجسد ووظائف القلب وســماكة الشــرايين (التي يتم تقديرها من خلال تصوير بتقانــة متفوقة)، والتأثيرات البيئية. وبمرور ســنتين تمكنا مــن جمع قاعدة بيانــات ضخمة، مفصلة جدا، للســمات الفيزيائية الفردية، والتي يســميها علماء الوراثة **بالأنماط الظاهرية** phenotypes.

بعد ذلك، أمعنا في دراسة جينوم أفراد ذوي نمط ظاهري متطرف بشــكل خاص، وبالأخص أولئك الذين يظهرون قيما متميزة مرتفعــة أو متدنية لليبوپروتــين العالي الكثافة HDL (المســمى أيضــا بالكولســترول «الجيد») أو قيمــا مرتفعة لليبوپروتين المتدني الكثافة LDL (المسمى أيضا بالكولسترول «الســيىء»). ولم يكن هناك شــيء مثير للشك حول بحثهما في الجينوم. فكما يقول <كوهن>: «اتخذنا هذا التوجه بسبب موقف يميل أكثر إلى الوظيفية.»

وفي تقرير نشر في مجلة *Science* عام 2004 تناولا في البدء مرضى من ذوي التركيــزات المتدنية جدا لليبوپروتين العالي الكثافة في الدم، وهي ســمة تزيــد من خطر الإصابة بمرض قلبي. وكانا يعرفان بضلوع ثلاثة جينات في الاختلالات النادرة لاستقلاب الكولسترول، ومن ثَمّ عملا على مقارنة سلاسل دنا هــذه الجينات في المرضــى ذوي الليبوپروتين العالي الكثافة المتدنــي جدا مع أولئك من ذوي المســتويات المرتفعة. فوجدا تنوعــات عدة نادرة مرتبطة بالتدني الشــديد في مســتويات الليبوپروتــين العالي الكثافة، وأعلنــا أيضا أن هناك طفرات في الجين المصاب «تســهم بشكل ملحوظ» في انخفاض قيم الليبوپروتين العالي الكثافة لدى عامة الجمهور.

في عــام 2005 التفتت أنظار <هوبــس> و<كوهن> إلى أفراد في دراســة «دالاس» للقلب ممن لديهم مســتويات متدنية غير اعتياديــة لليبوپروتين المتدني الكثافة. وتوصل الباحثــون إلى فوز اســتثنائي في الجينــوم عندما حللا سلاســل الدنا لجين يســمى *PCSK9* معــروف بانخراطه في استقلاب الكولســترول. هناك طفرتان أسكتتا الجين وارتبطتا بمســتويات دنيا من الليبوپروتين المتدني الكثافة. وقد بَيَّن <هوبس> و<كوهن> في دراسة لاحقة شملت تحليل البيانات من جمهور مسيسيپي وشمال كارولينا ومينيسوتا وماريلاند خلال فترة الخمس عشرة سنة - أن الأمريكيين من أصل إفريقي ممن لديهم طفرة مسكتة واحدة من هاتين الاثنتين، لهم مستوى ليبوپروتين متدني الكثافة أقل بمقدار 28%، وتدنٍ مدهش في خطر الإصابة في الشريان التاجي للقلب وصــل إلى 88%. وقــد انخفض لــدى القوقازيين «البيض» مســتوى الليبوپروتين المتدني الكثافة بفعل طفرة في ذات الجــين بمقدار 15%، ومن ثَمّ تدنى خطر الإصابة بمرض شــريان القلب التاجي بمقدار 47%. وهناك بالكاد دراســة، من بين دراســات الترابط في مستوى الجينوم، نجحت فــي تحديد تأثير جين في خطــر الإصابة بمرض بلغت هذا الحجم.

وتدرس بعض شركات الأدوية الآن إمكان اختبار جزيئات قــادرة على إيقاف عمل الجين *PCSK9* أو تتســبب بخلل في المســارات الجزيئية التــي يؤثر فيها الجــين، وذلك كطريقة لخفض مستوى الليبوپروتين LDL والتقليل من خطر الإصابة بمرض قلبي لدى عامة البشــر. يعد الجين *PCSK9* الآن كما يقول <هوبس>: «من بين الجينات العشرة الأوائل المستهدفة» لدى جميع شركات الأدوية تقريبا.

واعترافا بالتأثير المتواضع للجينات التي تم تحديدها من خلال وســيلة التنوع المشترك، وإعجابا بالنجاح الذي تحقق في عمل <هوبس> و<كوهن>، اقترح كل من <D. گولدشــتاين> و<T .E. سيرولي> [التي تعمل في جامعة ديوك أيضا] توسيع نطــاق البحث حول التنوعــات النادرة المهمــة طبيا. وتتمثل إحدى الأفــكار، على ســبيل المثال، بسلســلة مقارنة كاملة «**للإكسـومات**» exomes وذلــك في أفــراد مختارين بعناية. ويمثل الإكسوم مجموعة أجزاء الجينات في الصبغيات التي تكوّد البروتين بالفعل، إضافة إلى مناطق قريبة تنظم نشــاط الجين؛ أي إنها لا تشــمل المناطق الفاصلة بين الإكسونات أو تلك بين الجينات. وقد اقترح <سيرولي> و<گولدشتاين> النظر أيضا في التنوعات النــادرة داخل العائلات المصابة بمرض شــائع أو في الأفراد الذين يتقاســمون سمة متطرفة، وحيث توجد اختلافات ملحوظة في الدنا قابلة للتحديد بسهولة أكثر.

وهذا العمل مستمر الآن في العديد من المختبرات. ويؤكد ‹كينگ› [من جامعة واشنطن]: «نحن نُسَلْسِلُ إكسومات في المختبر كل يوم». وتعد سَلْسَلة الإكسوم استراتيجية انتقالية يتم اعتمادها حتى يتوفر إمكان سَلْسَلة الجينوم كله بتكلفة زهيدة وبشكل موثوق به، وهذا ما سيتم غالبا بعد مرور ثلاث إلى خمس سنوات.

## حذار من جحر الأرنب(*)

هناك القليل من الأصوات الشجاعة التي تنذر بأن **جحر الأرنب بالبيولوجيا البشرية**[1] قد يكون أعمق مما قد يبدو من خلال التركيز في مناقشة سَلْسَلة الدنا والپروتينات. حيث يدعي البعض بأن علم الوراثة التقليدي قد يكون عاجزا عن تبيان التعقيد الجزيئي للجينات ودورها في إحداث المرض. فقد تبين حديثا أن المناطق الشاسعة من الدنا التي لا تكود للپروتينات، والتي اعتبرت يوما ما مجرد «**خردة**» junk تخفي مناطق تنظيم مهمة. وتنتج، على سبيل المثال، بعض هذه الدنا جزيئات **رنا** RNA صغيرة يمكن أن تتداخل مع التعبير الجيني. كما يمكن أن تؤثر تعديلات كيميائية للدنا التي تعمل **كبطاقة** tag والتي لا تغير من تسلسل الدنا - أي إنها **فوق جينية** epigenetic - في التعبير الجيني ويمكن تعديلها من خلال عوامل محيطية في خضم حياة الإنسان. ويمكن لهذا الدنا المعدل بفضل المحيط أن ينتقل إلى الجيل اللاحق.

ببساطة إن التعريف بالذات لجين، ناهيك عن الجين ذي الأهمية الطبية، مربك حاليا من خلال عدة طبقات من التعقيد. وقد أصبح ما كان يفترض سابقا أنه علاقة مباشرة في اتجاه واحد، من نقطة إلى نقطة، بين الجينات والسمات الظاهرة حديثا ما يسمى بـ «إشكالية النمط الظاهري». حيث لا تفضي معرفة تسلسل كود الدنا إلا إلى تفسير جزء من كيفية ظهور السمة.

اعتمد ‹.J. H نادو› [مدير التطوير العلمي في معهد النظم الحيوية في سياتل] على تجارب باستخدام الحيوانات لمتابعة أكثر من مئة سمة كيميائية حيوية وفيزيولوجية وسلوكية تتأثر بتغييرات فوق جينية، ووجد أن بعضها ينتقل عبر أربعة أجيال. ويقول ‹نادو› ضاحكا: «إنها سمات «لاماركية» بالكامل» مشيرا إلى فكرة عالم البيولوجيا ‹.J-B لامارك› التي تنص على إمكانية وراثة سمات مكتسبة من المحيط.

وكأن ذاك التعقيد الإضافي لايكفي، فقد تبين من خلال تجارب ‹نادو› أن وظيفة جين معين ترتبط أحيانا بترتيب تنوعات الجينات المحيطة به، وهذا مفعول جمعي يدشن تعقيد ما بعد **الحداثة القريني** contextual في نطاق تفسيرات المرض الجينية. وانطلاقا من ذلك، يرى ‹نادو› أن بعض الأمراض الشائعة قد تعود في النهاية إلى عدد كبير من الجينات تعمل في شبكة من المسارات ذات التأثيرات التي تتنوع تبعا لتنوعات الجينات الموجودة في الشخص؛ أي إن وجود تنوع في جين ما قد يفاقم أو يحول دون مفعول جين آخر مرتبط بالمرض في المجموعة. ويضيف قائلا: «أنا أتكهن بأن هذا النمط من الوراثة هو أكثر شيوعا مما نتوقع.»

لم يتضح بعد مدى أهمية الأطروحات المذكورة من قبل ‹نادو› بخصوص الأمراض. وفي غضون ذلك، سيسمح قريبا جيل جديد من تقانات السلسلة السريعة الرخيصة للبيولوجيين بمقارنة جينومات كاملة. وهذا كفيل بأن يحيل الجدل الدائر حول التنوعات المشتركة والنادرة إلى الماضي البعيد. وبعيدا عن التشاؤم حول هذا النطاق من الأبحاث، أثارت هذه الأحجية الحالية حول الوراثية المفقودة حماس حتى ‹كينگ›، إحدى المشككات في التنوعات المشتركة، فيما يخص السنوات القليلة القادمة. وهي تقول: «لدينا الآن الأدوات للإجابة عن التساؤلات المطروحة بطريقة صحيحة.» كما تقول: «تصوّروا ما كان بوسع ‹داروين› و‹مندل› القيام به بوجود هذه التقانة. إنه لزمن مذهل لمن ينخرط في **الجينومية** «genomics». ومع أننا في هذا الزمن تقريبا، إلا أنه لم يضع أحدٌ جدولا زمنيا لما يتنبأ به من معجزات طبية. ■

(*) Beware The Rabbit Hole

(1) The Rabbit Hole جحر الأرنب، عبارة اصطلاحية، تعني هنا[1]: أن «حالة البيولوجيا البشرية قد تكون **شواشية** chaotic أو مختلطة أكثر مما قد يبدو ...»

(التحرير)


### مراجع للاستزادة

**Sequence Variation in PCSK9, Low LDL, and Protection against Coronary Heart Disease.** Jonathan C. Cohen et al. in *New England Journal of Medicine*, Vol. 354, No. 12, pages 1264–1272; March 23, 2006.

**Finding the Missing Heritability of Complex Diseases.** Teri A. Manolio, Francis S. Collins and Nancy J. Cox et al. in *Nature*, Vol. 461, pages 747–753; October 8, 2009.

**Transgenerational Genetic Effects on Phenotypic Variation and Disease Risk.** Joseph H. Nadeau in *Human Molecular Genetics*, Vol. 18, pages R202–R210; October 15, 2009.

**Point: Hypotheses First.** Robert Weinberg in *Nature*, Vol. 464, page 678; April 1, 2010.

**Counterpoint: Data First.** Todd Golub, page 679; ibid.

**Genetic Heterogeneity in Human Disease.** Jon McClellan and Mary-Claire King in *Cell*, Vol. 141, pages 210–217; April 16, 2010.

**Genomic Medicine—An Updated Primer.** W. Gregory Feero, Alan E. Guttmacher and Francis S. Collins in *New England Journal of Medicine*, Vol. 362, No. 21, pages 2001–2011; May 27, 2010.

**Uncovering the Roles of Rare Variants in Common Disease through Whole-Genome Sequencing.** Elizabeth T. Cirulli and David B. Goldstein in *Nature Reviews Genetics*, Vol. 11, pages 415–425; June 2010.

**Biological, Clinical and Population Relevance of 95 Loci for Blood Lipids.** Tanya M. Teslovich et al. in *Nature*, Vol. 466, pages 707–713; August 2010.


*Scientific American*, October 2010

# مُهرطِق مناخ(*)

## لِمَ لا نُجْري حواراً حضاريا بشأن المناخ؟

‹D.M. لِونِك›

فـــي محاولة فهم **ظاهرة ‹جوديث كـرّي›**[1] فلا مناص من الأخذ بإحدى وجهتي النظر وإهمال الأخرى.

خـــلال معظم مســـيرتها العلميـــة، عُرِفت ‹J. كـــرّي› [هي رئيسة قســـم علوم الأرض والمناخ في **معهـد جورجيا للعلوم والتقانـة**[2]]، بدراســـاتها في مجال الأعاصير وحركية الجليد القطبي ومواضيع أخـــرى تتعلق بالمناخ. ولكنها منذ عام 2009 تقريبا ذاع صيتها لأمر يثير الضيق، لا بل يغيظ كثيرا من زملائها العلميين. إذ أصبحت ‹كرّي› ناشـــطة في جماعة الشكاكين في شأن تغير المناخ، وذلك من خلال مساهمتها في مدوّنات هؤلاء الدخلاء مثل مدونات Climate Audit و Air Vent و Blackboard. ومن خلال ذلك أخذت ‹كرّي›، تتســـاءل عن موقف الخبراء في المناخ من أولئك الذين يشـــكّكون في هذا العلم بغض النظر عن مدى موثوقيته. وتعتقد ‹كرّي› أن كثيرا من الشكاكين يتناقلون انتقـــادات لا معنى لها، لأنه ثبت بالدليـــل القاطع بطلانها، في حـــين لفَت بعضهم في انتقاداتهم إلى نقاط تســـترعي الانتباه؛ ومع اختـــلاط الصالح بالطالح فات على الباحثين في شـــؤون المناخ فرصة تعميق دراســـاتهم، وبدا مظهرهم أمام الرأي العام وكأنهم مغـــرورون. وتقول ‹كرّي›: «بالتأكيـــد هناك الكثير من الأمور التي تثير القلق»، وتتابع قائلة: «ولكنها ليست كلها كذلك، وإذا كان 1 فـــي المئة فقط مما يقوله الشـــكاكون أو 10 في المئة منه صحيحا فقد تم هدر الكثير من الوقت بسبب اتباعنا طريقةَ التفكير الجماعية التي أعاقتنا كثيرا.»

وجَّهت ‹كرّي› أقســـى انتقاداتها إلى **الهيئة الاستشـارية البينحكومية المسؤولة عن تغير المناخ** (IPCC)[3]. إذ أصبحت التقاريـــر الرئيســـة، التي تصـــدر عن تلك الهيئـــة التابعة للأمم المتحدة كل خمس ســـنوات تقريبا، تشكل الأساس المعتمَد لدى علماء المناخ. ويدّعي بعض العلماء أن الهيئة IPCC لا غبار عليها، فـــي حين ترى ‹كرّي› أنها تحتاج إلى إصلاح شـــامل، وتتهمها «بالفســـاد»، وتضيف قائلة: «إنني لن أكشـــف وأصادق على ما صدر عن الهيئة IPCC، لأنني لا أثق فيما تقوم به من أعمال.»

وكان مـــن الممكن أن تُقبَل هـــذه الاتهامات فيما لو بُحِثت بهدوء في المؤتمرات أو في قاعات الاجتماعات واعتُبرت جزءا من عملية الحوار المشـــروع في حقل من العلم مازال في دور التطـــور. إلا أنّ عرضها على الجمهور فـــي مواقع الإنترنت نفســـها التي عطلت الرســـائل الإلكترونية علـــى موقع بوابة المنـــاخ Climategate e-mails في خريف عام 2009، اعتُبر من قبـــل الكثيرين خيانة، أدت إلى عـــداوة زملائها لها ووصفها بنعوت شـــنيعة مثل «ساذجة» و«غريبة» و«بغيضة» وغير ذلك من نعوت أشنع.

ومـــن هنا يتضح وجود وجهتي نظر تبدو كلتاهما، ظاهريا على الأقل، مقبولتين. وتصوّر الأولى ‹كرّي› داعية للســـلام – فهي إنسان يعيد للحوار بعض اللباقة، ويحث العامة على القيام بعمـــل بنّاء. فباعترافها صراحة بالأخطاء المرتكبة وبتشـــجيع

(*) CLIMATE HERETIC أو: ابتداعي مناخ (منشق عن الرأي السائد حول المناخ).
(1) The Judith Curry Phenomenon
(2) the Georgia Institute of Science and Technology
(3) The Intergovernmental Panel on Climate Change

### باختصار

إذا رغبـت الحكومـات والشـعوب فـي اتخـاذ إجراءات جـادة لتخفيـض الانبعاثات الكربونيـة، فعليهـم أن يسـعوا إلـى ذلك الآن من دون تأجيل؛ لأن الجهود المبذولة المتأخرة لدرء التغيرات المناخية سـتجعل بلوغ الهدف أصعب وأكثر كلفة.

ففـي أعقاب ما نشـر علـى موقـع بوابة المناخ Climategate ومهاجمـة صانعـي القـرار بشـدة، أصبح الناس في حيرة من أمرهم أكثر من أي وقت مضـى فيما يتعلق بفهمهم لقضية المناخ، خاصة عندما يسمعون عن عدم اليقين (اللايقينية) الذي يكتنـف بعض جوانـب هذا العلم، ممـا أدى إلى عرقلة القرارات المتعلقة بالمناخ.

والجمهـور يحتـاج إلـى إدراك أن الشـك العلمـي يختلـف تماما عن الجهل، وهذا الشـك هو الطريق الذي يؤدي إلى الوصول إلى معرفة المجهول وتحديد أبعاده.

ومـن ناحية أخـرى على علمـاء المناخ أن يحسـنوا طريقـة تناولهم لعـدم اليقين ونقله إلـى الجمهـور وأن يتجاوبـوا مـع انتقادات غير المختصين.

زملائها للتعامل مع الشــكاكين باحترام، تأمل بالوصول إلى توافق بين وجهات النظر.

أمــا وجهة النظر البديلة فتصورها على أنها ســاذجة – وهي بمســاعيها، وعن حســن نية، صبَّت الوقود على النار. وبنــاء على هذا الوصف، فإن اشــتباكها مع الشــكاكين لا معنى له لأنه لا يمكن التغلــب عليهم؛ إذ إنهم تعدّوا الحدود، ودفعوا بمناقشــاتهم إلى الجمهور ووزّعوا رســائل بالبريد الالكترونــي حصلوا علــى المعلومات فيهــا، بالقرصنة، من محتويات الحواســيب الشخصية، بدلا من أن يحلوا المشكلة في المؤتمرات أو على صفحات المجلات.

ولا يهم معرفة أي الصورتين أدق فيما لو كان الأمر يتعلق بالكوسمولوجيا (علم الكون) أو **علم الأحافير (المستحاثات)** paleontology أو أي علــم آخر ليس له علاقة مباشــرة بحياة النــاس. ولكننا نعلم أن علم المنــاخ ليس من هذا النوع، إذ إن الخبــراء يجمِعون على أن للمناخ تأثيرا كبيرا في الزراعة وفي إنتاج الطاقة، إضافة إلى تجنب حدوث كارثة محتملة.

وفي هذا الســياق، تعد كيفيــة ترتيب الحوار مع الجمهور أمرا حياتيا. إذ من الضــروري أن تتضافر جهود الحكومات مع الناس لاتخاذ الإجراءات اللازمة في هذا الشأن في الوقت الحالي من دون تأخير. إذ إن التأخير سيؤدي إلى جعل الجهود اللازمة لدرء آثار أي تغيرٍ رئيس في المناخ إلى تعقيد المشــكلة وجعــل حلها أصعب وأكثر تكلفة. إلا أن **المباحثات** COP15[1] المتعلقة بشأن المناخ التي عقدت في مدينة كوپنهاگن في الشهر 2009/12 لــم تؤد إلاّ إلى وضع مشــروع وثيقة لسياســة غير صارمــة لا تلزم الدول قانونيا بتخفيــض انبعاثات الاحتباس الحــراري (الدفيئة). كما أن مجلس الشــيوخ فــي الولايات المتحــدة، بعد كوپنهاگن، لم يتمكن من تمرير مشــروع قانون، «ولو شــكليا» يُلزِم بخفض الانبعاثات رسميا. وازدادت حيرة الجمهور بعد ظهــور مدونة «**بوابة المناخ**» Climategate عام 2009 والهجوم الواســع النطاق على الهيئة IPCC وعلى صحة أخبــار علم المناخ بصورة عامة، إذ يبــدو أن الجمهور أصبح أكثــر حيرة مــن أي وقت مضى حول قدرتــه على فهم أخبار المناخ. فهل حسَّنت ‹كرّي› الوضع أم جعلته أكثر سوءا؟

## عودة إلى الجانب المظلم(*)

بــدأت قصة ‹كــرّي› الزاخرة بالمواجهــات SAGA بعد أن نشــرت مقالا علميا ألّفته بالاشــتراك مــع زملاء لها عام 2005 فــي مجلة ***العلم*** *Science*، وفيــه تعزو زيادة الأعاصير الاســتوائية القوية إلى **الاحتــرار العالمــي** global warming. وقد لاقى هذا البحث انتقادات كثيرة في مدوّنات الشــكاكين




المؤلف

**Michael D. Lemonick**

*‹لمونك› أحد كبار كتّاب العلوم على موقع Climate Central، وهو المُجَمع الفكري الموضوعي وغير الربحي لتغير المناخ، وقد عمل كاتبا لقضايا علمية في* ***مجلة التايم*** *لمدة 21 عاما.*




**ناقد:** تبادلت ‹د. كرّي› الاتهامات القاسية مع كثير من زملائها في مجال علم المناخ.

المتعلقــة بالمناخ، حيــث ادّعوا أن هناك مشــكلات جدية في إحصائيــات الأعاصير التي اعتمــد عليها المقال خاصة قبل سبعينات القرن العشرين، وأن ‹كرّي› وشركاءها في البحث المنشور، فشلوا في أن يأخذوا التغيّر الطبيعي بعين الاعتبار. وتقول ‹كرّي›: «كنا مدركين لهذه المشــكلات عندما نشــرنا البحث، ولكن النقــاد يحاججون في أن هذه الأمور تفوق في أهميتها ما أخذناه بالحسبان».

و‹كرّي› لا توافــق بالضرورة على الانتقــادات الموجهة إليها ولكنهــا بدلا من إهمالها، كما يُتوقَّع من علماء كثيرين، بدأت بالحــوار مع النقّــاد، معلنة «أن الباحث الرئيس وهو ‹J .P. وبستر› يدعمني في حواري مع الشكاكين»، وتستطرد

(*) OVER TO THE DARK SIDE

(1) COP15: الاجتماع الخامس عشر حول المناخ الذي عُقد في كوپنهاگن بإشراف الأمم المتحدة. (التحرير)

‹كــرّي› قائلــة: «ولنــا الآن علاقات ودية مع ‹C. لاندســي› (الــذي كنّا على خــلاف معه خــلال 2006/2005)، كما كان لنا مناقشــات مع ‹P. مَيْكيلز› بشــأن هذا الموضوع.» وأثناء حوارها مع الشــكاكين، جازفت ‹كــرّي› بالتعبير عن آرائها على مدوَّنة يديرها ‹R. پِلكه جونير› [وهو أســتاذ الدراسات البيئية بجامعة كولورادو] الذي كثيرا ما ينتقد مؤسســة علم المناخ على مدونة تدقيق **شــؤون المناخ** Climate Audit أيضا التي يديرهــا ‹S. مكِإنتاير›، وتقــول: «أصبحت هذه المدوّنة اختيــاري المفضَّل لأنني وجدت المناقشــات فيها ممتعة جدا وقلت في نفســي: حســنا هؤلاء هم الناس الذين أرغب في التواصل معهم بدلا من وعــظ أولئك المرتدين على صفحات [مدوّنة الاتجاه السائد في علم المناخ] «Real Climate.»

ومــن هنا بدأت ‹كرّي› باحترام الدخلاء على حقل المناخ، أو بعضهــم على الأقل، كما بدأت بإعــادة النظر في دفاعها غير الموضوعــي عن الهيئة IPCC الذي دام ســنوات طويلة. وتقول ‹كرّي›: «لقد أدركت أنني اتبعت الاتجاه السائد، ليس بشــأن النشــرة المتعلقة بالأعاصير بحد ذاتها، ولكن بشكل عام، قبولي غير المشروط بأن تقارير الهيئة IPCC هي الأفضل فيما يتعلق بتغير المناخ.»

وهــي تقول إنها وثقت دائما بقيــام الهيئة IPCC بتجميع وربــط كافة الخيــوط المتباينة في هذا المجــال العلمي المعقّد والمتعدّد الجوانب. وتضيف: «لقد كان لي 90 إلى 95 في المئة من الثقة في تقرير مجموعة العمل 1 في الهيئة IPCC «مشيرة إلى القسم العلمي الرئيس من التقرير المؤلف من ثلاثة أجزاء، وإن كانت قد أبدت شــكوكا حــول بعض ما جاء في التقرير. ففي نواح لها فيهــا بعض الخبرة مثل الغيوم وجليد البحار، شعرَت بأن مؤلّفي التقرير لم يتوخوا الدقة تماما». وتقول: لقد كُلِّفْتُ في الحقيقة بمراجعة تقرير التقييم الثالث للهيئة IPCC وأعلمتهم أن التقرير حــول **الحُلالات الهوائيــة المناخية**[1] aerosols كان مبسَّــطا للغاية، وأنهم لم يأتوا على ذكر مفعول الحــلالات الهوائية في تنوية الغيوم الجليدية. وهكذا، لم تكن القضية بالنســبة إلــيّ إظهار الأمورِ غيــر الصحيحة، ولكنه الجهل الذي لم يُعترف به والثقة المبالَغ فيها،» وتقول ضاحكة: «وقياســا على ذلك، فيا عجبي إذا كان الخبراء في المجالات الأخرى على الشاكلة نفسها!».

وهنــاك، على ما يبدو، من بين المئات من العلماء الذين لهم علاقة بذلــك التقرير الصادر عام 2001 قلة لا يتجاوز عددهم أصابــع اليد ادّعــت أن آراءها قد أهملت – مــع أن **تقرير التقييــم الثالــث** Third Assessment Report لا يبدو أنه يمثّل وجهة نظر أي من العلماء بصورة كاملة.

ومنذ مجازفتها بالنشر على مدوّنات الشكاكين رأت ‹كرّي› أن الأســئلة الواردة من أكثر الناس خبــرة تقنية هي من غير المختصين – ومن ضمنهم الإحصائيون ومهندســو الميكانيك ومصممو الحواسيب من الصناعة – مما رسَّخ من قلقها. وفي مقابلة حديثة لها ظهــرت على مدوّنة Collide-a-Scape المناخية تقــول فيهــا: «إنني لا أقول إن علم الهيئــة IPCC كان خاطئا، ولكننــي لم أعد أشــعر بأنني مجبرة على اســتبدال ما تقرره الهيئة IPCC بأحكامي الشخصية.»

وبدأت ‹كرّي› بملاحظة أمثلــة أخرى كانت الهيئة IPCC «تناقض العلم» بأشــكال عدة. وعلى سبيل المثال، تقول: «إن أحد كبار الرواد في إحدى المؤسسات الكبيرة لنمذجة المناخ قد أخبرني أن منَمْذِجي المناخ، على مايبدو، يصرفون 80 في المئة من وقتهم معتمدين على نتائج تجارب الهيئة IPCC و 20 فــي المئة من وقتهم فقط على تطويــر نماذج مناخية أفضل.» وهي تؤكــد أيضا أن الهيئة IPCC خالفت قوانينها بنفســها بقبول نشــرات لم تُحَكَّمْ من قبل متخصصين، وبتعيين علماء قليلي الخبرة، نسبيا، في مناصب عليا نظرا لأنهم يفيدون في تغذية المؤسســات المختلفة بروايات عن الهلاك الذي يوشــك أن يحدث.

تمسَّك شــكّاكو المناخ ببيانات ‹كرّي› للتشكيك في أسس علم تغير المناخ. لذا، لا بد من التأكيد بأن جميع ما ذهبت إليه لم يفدها في التشكيك في المعلومات العلمية ذاتها وهي لا تزال من دون شك، تعتقد باحترار كوكب الأرض، وأن غازات الاحتباس الحراري الصادرة عن أنشطة البشر، بما في ذلك ثاني أكسيد الكربون، هي المســبّب الرئيس لذلك، أو أن السيناريو الجدير بالتصديق يمكن أن يكون كارثيا. وهي لا تعتقد أن الرســائل الإلكترونيــة على موقع **بوابــة المنــاخ** Climategate دليل على الاحتيــال أو أن الهيئة IPCC هي مجــرد مؤامرة دولية كبرى. ولكن مــا تعتقده هو أن الغالبية العظمى من جماعة علم المناخ قد تخلت عن برجها العاجي وانتقلت إلى نموذج عقلية المقيمين في قلعة، والتي يُعتبر الموجودون داخلها معصومين عن الخطأ، ويعتبر الذين خارجها ممنوعين من دخولها.

## اللايقينية والعلم(*)

لــم تكن ‹كــرّي› الوحيدة في نقدها للهيئــة IPCC وبعض أفــراد علماء المناخ، إذ لوحظ في بدايــات انطلاق موقع بوابة المناخ خطأ في تقرير الهيئة IPCC يتعلق بانصهار الجليديات، وانهالت التهم المختلفة، وفق توجهات أصحابها، وطالت التهم

(*) UNCERTAINTY AND SCIENCE

(١) هي جسيمات مثل الغبار والسخام التي تؤثر في تشكل الغيوم. (التحرير)

ما وراء الأعداد

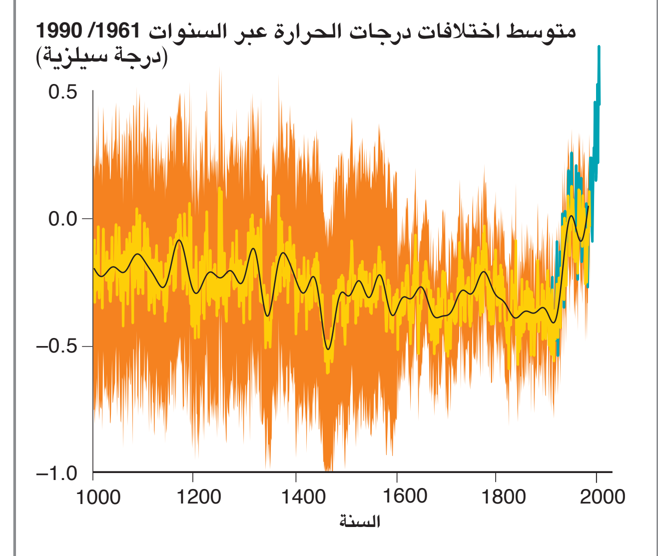
## إدراك التوجهات[*]

**تفتح بعض الأسئلة الكبيرة في علم المناخ المجال للنقاش والخلاف لأن الإجابة عنها غالبا ما تعتمد ولو بشكل جزئي على قياسات أجراها وكلاء مفوضون أو مساعدون نيابة عن العلماء (Proxy) أو على بيانات ناقصة. ويجاهر العلماء بشكل روتيني بمدى تشككهم وعدم يقينهم، ولكن هذا الأمر بحد ذاته يؤدي بدوره إلى تشكك الجمهور في مصداقية النتائج المعلنة. ويبين *الرسمان البيانيان في الأسفل* مثالين لمنظومة بيانات أثارت حولها اختلافا في وجهات النظر.**

### إعادة بناء الماضي

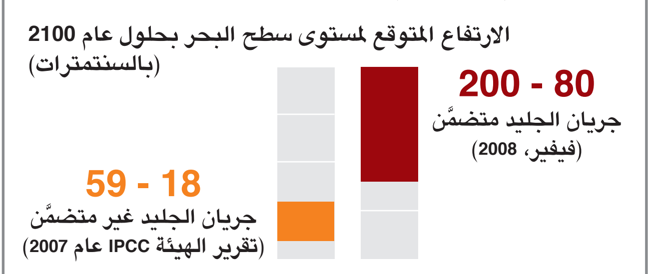
يتضمن التقرير التقييمي الثالث - للهيئة البينحكومية المسؤولة عن تغير المناخ - الذي نشر في عام 2001 رسما بيانيا لدرجات الحرارة على مدى ألف سنة مضت، ويتضح منه أن درجات الحرارة قد زادت بحدة في العقود الأخيرة، ويعرف هذا الرسم باسم «عصا الهوكي». وتبدو شرائط الخطأ (*اللون البرتقالي*) للقيم المحسوبة للماضي البعيد عالية، لعدم توفر قياسات لدرجات الحرارة خلال تلك الفترة. وهذا دفع العلماء إلى استنتاجها بالتقدير على شاكلة ما يحدث في مجالات أخرى مثل حلقات جذع الشجرة **tree rings** ونمو المرجان **coral growth** وثقوب الفجوات الجليدية **ice hole bores** ومن بيانات أخرى. ( يشير اللون الأصفر إلى بيان قيم البيانات الحقيقية). وتقدر احتمالية صحة قيم درجات الحرارة الواقعة بين شرائط الخطأ بخمس وتسعين في المئة.

بيانات من مقاييس الحرارة
بيانات أعيد بناؤها (حلقات جذع الشجرة، المرجان، لب الثلج، سجلات تاريخية)
بيانات منعمة **Smoothed** (وسطيا 50 سنة)
حدود الخطأ (مجال الموثوقية 95 في المئة)




### تنبؤات مستقبلية

عندما أصدرت الهيئة IPCC تقريرها التقييمي الرابع عام 2007 ضمنته تقديرا لارتفاع مستوى سطح البحر، ونظرا لنقص البيانات عن حركية الجليد لم يتم التطرق إلى أثر هذا العامل وأوردت الهيئة بدلا من ذلك مجالا يكون فيه ارتفاع مستوى سطح البحر «محتملا»، (وعرفت المحتمل على أنه احتمال قدره 66 في المئة). وبعدها عالج العلماء البيانات الجديدة فتوقعوا أن يكون ارتفاع مستوى سطح البحر أكثر من ضِعْف ما جاء في التقرير.




<R. K.> باشوري> رئيس الهيئة IPCC. فقامت هيئات متعددة مثل هيئة الأمم المتحدة U.N والحكومة البريطانية وبعض الجامعات على جانبي الأطلسي بإجراء تحقيقات، إلا أنهم لم يجدوا أي دليل على خداع علمي - وأهم هذه التحقيقات ذلك الذي قام به المجلس البينأكاديمي (IAC)[1] - وهو شبكة تضم أكاديميات العلوم الأمريكية الوطنية ونظيراتها حول العالم، وقد أشاروا في تقريرهم إلى أنهم لم يجدوا أخطاء رئيسة أو تحريفات، إلا أنهم ذكروا أن طرائق الهيئة IPCC فشلت في تطوير نفسها مع الزمن وأن المجلس، في بعض الحالات، لم يتمكن من فرض معاييره بصرامة.

والموضوع الرئيس الذي يهم <كرّي> أيضا، بغض النظر عن المهاترات الكلامية، هو في الواقع المشكلة الرئيسة المتمثلة بالقدرة على ترجمة علم المناخ إلى سياسة مناخية. فالناس جميعهم، يريدون أن يعرفوا فيما إذا كانت الأرض ستحتر أم لا، وما هو مقدار الزيادة في درجات الحرارة ومتى سيحصل ذلك، كما يريدون أن يعلموا مدى الأضرار التي ستنجم عن الاحترار. وتأتي الإجابة التي يقدمها العلماء عن هذه الأسئلة في أبحاث علمية في المؤتمرات وبلغة يصعب فهمها عن المجالات الموثوق بها وعن الاحتمالات. ونظرا لما لهذا الأمر من علاقة وثيقة بالسياسة، فإن بعض العلماء يمتنعون عن ذكر أي شيء عن «**اللايقينية**» uncertainty للجمهور وذلك خوفا ممن هم من أمثال عضو مجلس الشيوخ عن أوكلاهوما، وهو السيناتور <جيمس> الذي يقول: «هذه أكبر خدعة ترتكب بحق الشعب الأمريكي»، ثم يتبعه <إنهوف> وغيره - من الشكاكين بدوافع سياسية في استعمال كلمة «اللايقينية» كذريعة فعالة ضد مشروع علم المناخ - وحجتهم في ذلك أن العلماء الذين لا يعرفون كل شيء، لا يعرفون شيئا.

وتكمن اللايقينية في كل من البيانات المتعلقة بالمناخ في الماضي وفي النماذج التي تمثل المناخ المستقبلي. وتؤكّد <كرّي> أن العلماء لم يعالجوا «اللايقينية» في حساباتهم بكفاءة، كما أنهم لا يعرفون بدقة القيمة الأساسية القابلة للجدل في الموضوع: تغير المناخ الناتج من زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ - أي ما إذا كان الاحترار الناجم عن تضاعف تركيز الغاز $CO_2$ وحده سيكون له أي تأثيرات ضخمة أو مخففة في انصهار الجليد أو زيادة بخار الماء أو أي من دستة عوامل أخرى.

وتزداد الأمور سوءا حين نتساءل: إذا أردنا أن نستخدم هذه البيانات في توقع الزيادات المحتملة في درجات الحرارة

(*) MAKING SENSE OF TRENDS
(1) InterAcademy Council

# كيف نواجه مصيرا مجهولا[*]

**حان الوقت للتخلي عن حلم الوصول إلى اتفاق مسبق بين جميع الأمم لكي نتمكن من تنفيذ خطة مناخ نموذجية.**

<M. G. مورگن>

**يتخذ الناس على الدوام قرارات حول أمور لا تعرف عقباها. فقد اخترنا مكان دراستنا الجامعية، والمهنة التي نريد، وشريك حياتنا، وإن كنا نريد إنجاب أطفال واتخذنا فيها قرارات بناء على معلومات غير وافية وغير مؤكدة. وتسلك الحكومات السلوك ذاته، فهي تدعم ماليا شبكات النقل، وتغير سياساتها التنظيمية، وتنفذ برامج اجتماعية، وتعلن الحرب وتدعو إلى السلام، على الرغم من أنها غير متأكدة من الكيفية التي ستسير عليها الأمور.**

**مع أن الكثير من تفاصيل علم المناخ غير موثوقة، إلا أننا نعلم الكثير عن كيفية تغير المناخ نتيجة الزيادات الهائلة في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو، أكثر مما نعرف عن كثير من الخيارات التي نواجهها في الحياة الخاصة أو في السياسة. وقد أدت نشاطات البشر خلال القرنين الماضيين إلى وضع كوكب الأرض في مواجهة خطر كبير. وإذا لم نسع إلى تغيير نظمنا الطاقية وتخفيض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري، فسيواجه أبناؤنا وأحفادنا في نهاية القرن الحالي تغيرات كبيرة في النظم البيئية وفي نظم المناخ الإقليمية والتي من شأنها أن تُعرِّض سبل عيش وحياة بلايين البشر في العالم النامي للخطر. وعلى المشتغلين بعلم المناخ وتقييم البيانات أن يكونوا أكثر اهتماما وانفتاحا في تواصلهم مع الجمهور علما بأن عدم اليقين في القضايا العلمية لا يشكل عائقا أمام تقدم السياسات.**

**وأول شيء علينا فعله هو أن نضع جانبا فكرة ضرورة موافقة جميع الأمم قبل أن يقوم أي منها باتخاذ إجراءات جدية لتخفيض انبعاثات الكربون، وإلا فإننا سنواجه عقودا من التأخير. وعلينا أن نسعى جاهدين إلى التوصل إلى اتفاقيات دولية مع التركيز على ضرورة أن تقوم مختلف الأمم والمناطق بإجراء الخطوات اللازمة. وعلينا أن نطور استراتيجيات دولية لدمج ضروب الطرائق المختلفة للتحكم في الانبعاثات الكربونية من خلال اتفاقيات أكثر شمولا، وأن نطور استراتيجيات نلزم الجميع بتطبيق بنودها بالإقناع، أو عن طريق اتخاذ إجراءات تتمثل بفرض ضرائب عالية على واردات المناطق غير الملتزمة.**

**وعلينا أن نتخلى عن عقلية «نحن – مقابل الآخرين». فمما لا شك فيه أن العالم المتقدم حقق الكثير من التطور خلال فترة الانبعاثات غير المقيدة من غازات الاحتباس الحراري. ولكن هل ذهبت مؤخرا إلى الصين أو البرازيل أو تشيلي؟ فطائراتهم، وأجهزة الهواتف النقالة، والسيارات، والحواسيب جميعها من نتاج تلك السنوات من التطور. وينبغي على الأمم المتقدمة أن تقود حملة التحكم في الانبعاثات لأنها تستطيع أن تتحمل هذا العبء. ولكن مسؤولية زيادة الانبعاثات ليست واضحة تماما، فالملايين من أغنياء العالم النامي يزيدون من تراكيز الانبعاثات في الجو مثلما يفعل الآخرون، وعليهم تقع المسؤولية كغيرهم.**

**وأخيرا، علينا أن نساعد الجمهور على فهم الأمور الأساسية. ففي دراسة قمت بها مع زملائي ونشرتها في مجلة *Risk Analysis* قبل 15 سنة وأعدنا نشرها هذا العام وجدنا فيها أن كثيرا من الأمريكيين لا يعرفون الفرق بين «المناخ» climate و «الطقس» weather، وأن الأغلبية لا تزال حتى الآن لا تدرك أن حرق الفحم الحجري أو الزيت أو الغاز الطبيعي هو المسبب الرئيس لتغير المناخ. ولن يكون التثقيف وتغيير الصورة سهلا، لأن جماعات الضغط مستمرة في صرف ملايين الدولارات كل سنة، لتحمي مصالحها الشخصية الآنية، وذلك بترك الجمهور مشوشا. وقد تم استعمال موقع بوابة المناخ Climategate لزيادة هذا التشويش.**

**لقد احتاجت جماعات الضغط إلى عشرات السنين لتوضيح العلاقة بين تدخين السگائر والإصابة بمرض السرطان. وإذا لم نعمل سريعا على تخفيف جذري للانبعاثات الكربونية، فسنجد أنفسنا في طريق يؤدي بنا إلى كارثة بعد عدة عقود. ونحن لسنا متأكدين من ذلك بالطبع، ولكن الخطر حقيقي، وعلينا أن نبتعد عن التحيز والنزاعات لأنها لا تعمل في صالحنا.**

*<مورگن> رئيس الهندسة والسياسة العامة في جامعة كارنيگي ميلون، ومدير مركزها الخاص باتخاذ القرارات حول المناخ.*

خلال القرن القادم، فإننا لن نتمكن من ذلك لأن البيانات المتوفرة مشكوك فيها. وتضيف: «هناك عدد كبير من المجاهيل التي لا نعلم كيف نقيِّسها والتي يجب أن نأخذها بعين الاعتبار في تحديد موثوقية نتائجنا». وهي تعطي مثالا على ذلك المخطط البياني الذي يشبه «**عصا الهوكي**»[1] الذي يبيِّن أن درجات الحرارة الحالية هي الأعلى عبر مئات السنين. وإذا كنت ترغب في أن تقول إن هذه السنة أو ذاك العقد هو الأكثر سخونة، فعليك أن تعرف تماما كيف كانت درجات الحرارة عبر مئات السنين تلك؛ و<كرّي>، إضافة إلى غيرها من الشكاكين، تعتقد أنه لا تتوفر المعلومات الدقيقة عن ذلك بالشكل الذي تقتنع به المؤسسة العلمية.

ويرى الكثير من علماء المناخ أن هذه الشكاوى غير عادلة. ويقولون إن الهيئة IPCC تدرك تماما تلك الشكوك، وتبيّن في تقاريرها صراحة وعلى الدوام المجالات المشكوك فيها، كما تبين التقارير بوضوح المجالات التي لا زالت بحاجة إلى مزيد من الإيضاح. ومن الناحية العلمية، لا يمكن إعطاء إجابات محددة عن أسئلة مثل «كم درجة سترتفع حرارة الأرض؟» أو «كم سيرتفع مستوى البحر؟» ولكن الخبراء يعطون بدلا من هذه الإجابات المحدّدة مجالات وفواصل موثوقا بها ومعلومات مشابهة. والأهم من ذلك، أن علماء آخرين يختلفون مع <كرّي> على مدى أهمية تلك المعطيات على الحساب النهائي. نعم إن العدد الأساسي والأهم في علم المناخ غير معروف بدقة مطلقة

(*) How to Cope with an Uncertain Fate
(۱) hockey stick

كما يقول ‹H .S. شنايدر› [الأستاذ في جامعة ستانفورد] في حديث له قبل وفاته بقليل في الشهر 2010/7. ولكن هذا العدد غير مؤكد به بأجـزاء من المئة فقط بحيث لا يحرف التوقعات كثيرا. أما الآثار الأخرى، مثل الغيوم، التي تسرِّع أو تؤخِّر الاحترار ففعلها غير معروف بدقة – وهنا يشير أشخاص مثل ‹شنايدر› إلى أن تدني الدقة سبق أن أوضحته الهيئة IPCC. (و‹شنايدر› هو الذي أقنع هذه الهيئة بمَنْهَجية الشك قبل عقد من الزمن). ولهذا السبب، تعد اتهامات ‹كرّي› للآخرين مضلّلة حسب رأي نقّادها. وقد قال ‹شنايدر›: «لقد رأينا مؤخرا الكثير من حجج ‹كرّي› الواهية، وإنها بصدق، لصدمة كبيرة أن نرى عالمة متميزة تفكر بهذه الطريقة **غير المتقنة**[1]. وليس لديّ أي تفسير لذلك».

وقلة العناية ليست وحيدة الجانب، على أية حال. فبينما عبّر المجلسIAC، في نهاية تحقيقاته، عن الاحترام للهيئة IPCC بالمجمَل، إلا أنه أبدى بعض الملاحظات حول أسلوب هذه المنظمة في التعامل مع المعلومات التي تكتنفها الريبة والشك. ويقول ‹H. شاپيرو› [الرئيس السابق لجامعة پرنستون وهو رئيس المجلس IAC]: «لقد نظرنا بعناية إلى قيامهم بتوصيل مستوى الشك، في معلومة ما، إلى صانعي القرار»، «وقد وجدنا أنها مشوشة، إنهم يقومون بذلك أحيانا بشكل جيد، ولكنهم في أحيان أخرى يقل مستوى أدائهم. فهناك بعض البيانات التي عُدَّت موثوقة تماما على الرغم من عدم توفر أدلة كافية على صحتها، وفي بعض الأحيان كانت هناك بيانات لا يمكن دحضها». فالفكرة التي لا يمكن إثبات عدم صحتها، لا تعتبر بالضرورة علمية.

ونجد ‹كرّي›، منسجمة مع زملائها في مجال واحد على الأقل، وهو أن الجمهور بحاجة إلى أن يدرك أن اللايقينية في العلم ليست الشيء نفسه كعدم المعرفة؛ إنها (اللايقينية) بالأحرى نظام لقياس ما هو غير معروف كميا. وقد سعت ‹كرّي› إلى بدء نقاش حول واحدة من أهم المشكلات وأصعبها في السياسة المناخية، والتي تتمثل: بالمدى الذي يمكن للعلم أن يقدم شيئا صحيحا على الرغم من وجود فجوات تكتنف المعرفة بهذا الشيء. ويقول ‹E .C. فورست› [الإحصائي في جامعة ولاية پنسلڤانيا]: «إذا لم نتمكن من الكلام بلغة نظرية الاحتمالات والتوزيعات الاحتمالية، فعلينا أن نلجأ إما إلى المحاباة والتحيز لأحد الأطراف أو إلى رمي زهر الطاولة، أو تحريك دواليب الروليت». ويضيف قائلا: «بما أن موضوع المناخ معقد، فإن مصطلحات مثل «محتمل» likely و«محتمل جدا» في تقارير الهيئة IPCC تمثل الكثير من دورات الدواليب أو الكثير من رميات زهر الطاولة في الوقت نفسه، وجميعها تتآثر بعضها مع بعض. وعندما يحاول العلماء ترجمة الكلام الإحصائي المبهم إلى لغة مفهومة فَهْمُ بالضرورة يبسّطونه كثيرا إلى الدرجة التي يطغى فيها بريق التفسير على دقته. وبذلك يحصل الجمهور على نسخ **كارتونية** cartoon من نظريات المناخ التي يسهل دحضها.»

**إن للايقينية طريقين اثنين. فعندما يكون العلم لايقينيا فهذا يعني أن الواقع يمكن أن يكون أفضل بكثير مما تشير إليه التوقعات. كما قد يعني أيضا أن الواقع يمكن أن يكون أسوأ بكثير.**

ودرس مهم للجمهور هو أن للايقينية طريقين اثنين. فعندما يكون العلم غير متيقن، فهذا يعني أن الواقع قد يكون أفضل بكثير مما تشير إليه التوقعات أو أن الواقع قد يكون أسوأ بكثير. فتوقعات ارتفاع مستوى سطح البحر هي إحدى الحالات التي تمثل هذا الموقف. فعلماء الجليديات يمكنهم تقدير السرعة التي تذوب فيها طبقات الجليد التي تغطي گرينلاند والقطب الجنوبي عندما ترتفع درجات حرارة الأرض، وعلى ضوئها يقدّرون ارتفاع مستوى سطح البحر المتوقع. علما بأن الاحترار يؤثر في السرعة التي تنساب فيها الأنهار الجليدية من طبقات الجليد في اتجاه البحر لتغطي جبال الثلج العائمة التي تؤدي بدورها إلى ارتفاع مستوى سطح البحر. علما بأن توقع الأثر الأخير أكثر صعوبة.

وفي الحقيقة تقول ‹كرّي›: «إننا لا نعلم كيف نقيس هذا الارتفاع، ولهذا فإننا لا نُضَمِّنه في نماذجنا، ولكنه موجود ونعلم أن من المحتمل أن يكون له تأثير.»

وقد كشفت الهيئة IPCC في تقريرها التقييمي الرابع عام 2007 عن هذا الشك المتعلق بالصفائح الجليدية بدلا من التغطية على هذا الشك وفق ما يُفهم من انتقادات ‹كرّي› بمجملها. إذ يتوقع التقرير ارتفاعا في مستوى سطح البحر قدره 0.18 إلى 0.59 متر في نهاية القرن، مع استبعاد واضح لإمكانية زيادة جريان الجليد. ويبدو، حسبما ذُكر في التقرير، أن الزيادة الناتجة من هذا المسبّب محتملة ولكن المعلومات المتوفرة في ذلك الوقت لا تكفي لتقدير الارتفاعات. وأعطت الأبحاث الجديدة بعد صدور التقرير صورة منطقية أكثر عما يمكن أن يحدث في مجال ديناميات الجليد، ويُلفِت الباحثون الانتباه إلى أن قدرا كبيرا من الشك لازال قائما بشأن

(1) sloppy تعوزها العناية، أو مشوشة. (التحرير)

التوقعـــات. وهذا يعني أن التوقّعات الأصلية كانت مفرطة في التفاؤل [*انظر الإطار في الصفحة 69*].

وما ينطبق على الارتفاع في مستوى سطح البحر، ينطبق أيضا على ســـائر العوامل المؤثرة في المناخ، وتقول ‹كرّي›: «يمكــن أن يكون الاحتمال الأســوأ المتوقع أكثر ســوءا مما نتوقعــه في الوقت الحالــي»، فالارتفاع فــي درجة الحرارة نتيجة تضاعــف تركيز غاز ثاني أكســيد الكربون في الجو «قد يكون درجة واحدة فقط؛ وقد يكون عشر درجات. فلنأخذ هذه الأمــور بعين الاعتبــار، ونطوّر خيارات سياســـية لكل الاحتمــالات، وعلينا أن نضع تحليلا دقيقا لكل منها وعندها نبدأ بالحصول على النتائج المنطقية».

## إيقاع ضرر(*)

مما لاشــك فيه أن ‹كــرّي› أحدثت **خضّــة**[1]، وكثيرا ما يستشـــهد بها من قبل بعض أكثر الشـــكاكين قســـوة، بمن فيهم ‹M. مورانو› [المســـاعد السابق لعضو مجلس الشيوخ ‹إنهــوف› والمؤســـس **لمدوّنــة الشــك** Climate Depot]. ولم يقتصر الاهتمام بأمرها على الشـــكاكين بل تعداه إلى غيرهم مثل ‹A. C. رڤلين› [مراســـل شـــؤون المناخ في مجلة *نيويورك تايمــز* لفترة طويلة] الذي عاملها بكل احترام في مدوَّنته التي تحمل اســـم Dot Earth أكثر من مرة. وكذلك أيضا ‹K. كلور› الذي يدير المدوّنة المسماة Collide-a-Scape والتي تأخذ منحى موضوعيا وصارما.

وأكثــر ما يقلــق العلماء أن طرح الموضوع بهذا الشـــكل العلنــي، يعني أن ‹كــرّي› تمتلك القدرة علــى إيقاع ضرر بالإجمـــاع المتعلــق بتغير المناخ الذي تكوّن عبــر الـ 20 عاما الأخيرة. وهم لا يرون ضرورة للتغلب على الشـــكاكين، حتى ولو اســـتطاعوا فعل ذلك. ويقول ‹A. G. شميدت› [أستاذ علم مناخ في **معهد ناسا گودّارد**[2] للدراسات الفضائية في مدينة نيويورك، وهو صاحــب المدوَّنـــة RealClimate]: «ليس العلم ميدان صراع سياســـي. ونحن لا نحـــاول أن نكون أصدقاء لكل واحد، ونقبل طفل كل واحد.»

ولا يأتـــي الضرر من وجهـــة نظر ‹كرّي› مـــن انتقادات الشـــكاكين أنفســـهم والتي في معظمها قابلة للنقاش، بل من استجابات المجموعة العلمية لهم – ويشبه هذا الأمر الوفيات الناتجـــة من الأنفلونزا الڤيروســـية التي لا تنتج من الڤيروس نفسه وإنما من التفاعل المفرط للجهاز المناعي. وتعلّق ‹كرّي› أنهـــا هي نفســـها كانت ضحيـــة لذلك، إذ قاومهـــا زملاؤها لجهودها اللامتناهية (وتضيف أنها لم تتضرّر مهنيا، ولاتزال تنشــر أبحاثها). ويقول ‹ماكْإنتاير›: «لقد انتقدتها مجموعة علماء المناخ بشـــدة لأنها لم تلتزم **بالفتــوى** fatwa القاضية [بعدم التحاور مع الدخلاء].»

ويوافق بعــض المعلّقين غير المعنيين علـــى ذلك. ومنهم ‹A. S. هَسْـــلم› [وهـــو خبيـــر في **علـــم النفس التنظيمي** organizational psychology فـــي جامعة إكســـتر بانگلترا]. فهو يقــول: «إن جماعة المناخ يعانــون «**متلازمة الخروف الأســود**» black sheep syndrome حيث ينزعج بعض أعضاء الجماعـــة من انتقادات الغرباء، فيصبون جام غضبهم على غير الغرباء المتآزرين مع الغرباء.» وحســـب رأي ‹هَسْلم›، عندما يعامل العلماء ‹كرّي› كمنبوذة وبذلك يحسّـــنون في الواقع ســـمعتها باعتبارها مرتـــدة تقول الحقيقة لأصحاب الســـلطة. وحتى لو كانت مخطئة إلى حـــد كبير، فليس من مصلحـــة علماء المناخ أن يعاملوا ‹كرّي› كمصدر إزعاج أو خلاف. ويقول ‹هسلم›: «أعتقد أن انتقاداتها مُخَرِّبة» ولكن «كل هذا، بشكل أو بآخر، نتيجة لعدم الإقرار بأن للعلم كله تلك الديناميات السياسية».

وعلى أية حال فإن لـ ‹كرّي› صورتين مختلفتين تتراوحان بين كونها داعية ســـلام وكونها ســـاذجة؛ وفـــي الحقيقة، فإنهـــا مزيج مـــن كلتيهمـــا. فعلماء المناخ يشـــعرون بأنهم بحاجة إلى الدفاع عن أنفســـهم تجاه المحرِّضين سياســـيا لتصيــد الســـاحرات، وفي ذلك الجو المشـــحون، اعتُبر ما حاولت ‹كرّي› فعله خيانة عظمى – خاصة أن الشـــكاكين استشـــهدوا بها برهانـــا على أنهم لم يخطئـــوا قط. إلا أن لكل مِنْ ‹كرّي› والشـــكاكين ســـببا خاصا للشعور بالظلم، إذ إنهم يشعرون بأنهم عوملوا كمغفلين بسوية واحدة ومن دون تمييـــز، وبغض النظر عن وجاهة مناقشـــاتهم. والأمر كلــه دخل في مضمار العراك السياســـي، وبدلا من إجراء مناقشـــات موضوعية بين المعنيين عن التفاصيل الصغيرة للبيانات والمنهجية والاســـتنتاجات تحوّل الأمر إلى صياح وضجيج. وربما لا يعقل أن يتوقع المرء توقف المهاترات بين الفرقاء، ولكن جوهر القضية هو التركيز على العلم نفســـه بدلا من هذا الضجيج. ■

(*) DOING DAMAGE
(1) a stir
(2) the NASA Goddard Institute

### مراجع للاستزادة


**The Intergovernmental Panel on Climate Change** makes its four assessment reports available in their entirety on its Web site: **www.ipcc.ch**
**RealClimate.org** bills itself as "a commentary site on climate science by working climate scientists for the interested public and journalists." Gavin A. Schmidt is one of the moderators.
**Climate Audit.org** is a skeptic's blog run by Steve McIntyre, an amateur climatologist.


***Scientific American*, November 2010**

تقرير خاص : الاستدامة

# الحياة على أرض جديدة(*)

*لقد غيّر البشر كوكب الأرض جذريا. لكن الأفكار والأفعال الجديدة تستطيع منعنا من تدمير أنفسنا.*

إذا ما تغاضينا عما يحدث للمصارف وصناعة السيارات، فإن الأرض هي حقا المشكلة الوحيدة الخطيرة إلى درجة لاتسمح بالفشل في معالجتها. فمنذ قرون والبشر يستنفدون موارد كوكبهم ويراكمون عليه فضلاتهم ولا يتحركون إلا عندما تجف الآبار والينابيع أو عندما تصبح مياه أربعينات القرن الماضي ملوثة. ونحن وقد أنهكنا هذه الاستراتيجية، أخذ العلماء والمفكرون الاجتماعيون والمجتمعات العالمية بالتسليم في أن البشر قد حولوا فعلا كوكب الأرض الطبيعي إلى آخر صناعي، وأن من الواجب القيام بتحويله إلى كوكب قابل للاستدامة إذا اخترنا عدم الفناء.

فما هي خطة النجاة إذن؟ الخطوة الأولى في هذه الخطة هي تعيين مدى قرب العالَم من «الفشل». ولذلك يعرض عالم البيئة <J. فولي> *في الصفحة 74* نتائج التعاون العالمي الرئيسي التي بينت حدود أمان السيرورات البيئية المحورية، مثل التغير المناخي وازدياد حموضة المحيطات، التي بإمكانها تهديد الاستدامة إذا ما سُمِح لها بتخطي الحدود. وقد يكون من اللازم إجراء توليف دقيق للحدود الرقمية، لكن معرفة العملية الأكثر شأنا في هذا المضمار، ترشدنا إلى الاتجاه الصحيح في عملية البحث عن الحلول. *وفي الصفحة 79* نعرض ما نتج من دعوة ثمانية خبراء لاقتراح معالجات نوعية محددة.

وقد تستطيع المعالجات المقترحة إبطاء تردي البيئة من دون إزالة الأسباب الكامنة وراء هذا التردي. ويُردّ ذلك، وفق ما يراه <ماك كين> [الأستاذ المقيم في معهد ميدلبري] إلى ما يهيمن على قيادة المجتمعات الحديثة، ألا وهو السعي الحثيث بلا هوادة وراء النمو الاقتصادي. *وفي الصفحة 84* نعرض مقتبسا حصريا عن كتاب سينشره <ماك كين>، يبين أنه يجب علينا التخلي عن النمو والتمسك بما يقود إلى الاستدامة الذكية للموارد. ويعتقد الناقدون لهذه الفكرة أنها غير واقعية. وهذا ما دعا <M. فيشيتي> [من هيئة تحرير *ساينتفيك أمريكان*] *في الصفحة 90* إلى تحدي <ماك كين> للرد على ذلك الانتقاد.

*محررو ساينتفيك أمريكان*

(*) LIVING ON A NEW EARTH

# حدودٌ من أجل كوكب صحي[*]

*لقد وضع العلماء عتبات للعمليات البيئية الرئيسية التي، إذا تم تعديها، فإن ذلك يمكن أن يهدد صلاحية الأرض للسكنى. ومما ينذر بالسوء أنه جرى بالفعل تجاوز ثلاث من هذه العتبات.*

<J. فولي>

### مفاهيم مفتاحية

- **مع أن تغير المناخ يلقى اهتماما كافيا، فإن فقدان الأنواع والتلوث بالنتروجين يتجاوزان الحدود الآمنة بدرجة كبيرة. والعمليات البيئية الأخرى تتجه أيضا نحو مستويات خطيرة.**
- **إن التحول الفوري إلى مصادر طاقة منخفضة الكربون، والحد من قطع الأشجار لزراعة الأراضي وإحداث تغييرات أساسية في الممارسات الزراعية أمور بالغة الأهمية لجعل الحياة البشرية على الأرض أكثر استدامة.**

*محررو ساينتفيك أمريكان*

منذ نحو 10 000 عام – منذ فجر الحضارة و**عصر الهوليسين**[١] – يبدو عالمنا كبيرا بدرجة لا يمكن تصورها. وقد وفرت المساحات الواسعة من الأرض والمحيطات موارد لانهائية، أمكن للبشرية تلويثها بحرية، كما أمكنها بسهولة أن تتفادى أي ارتداد محلي بالانتقال إلى مكان آخر. وبنى الناس إمبراطوريات ونُظُماً اقتصادية كاملة على قدرتهم على استغلال ما بدا ثروات لا تنضب غير مدركين أن هذا الامتياز سوف ينتهي.

ولكن بفضل التقدم في مجال الصحة العامة والثورة الصناعية ولاحقا الثورة الخضراء، تزايد عدد السكان من نحو بليون نسمة في عام 1800 إلى ما يقارب 7 بلايين نسمة في الوقت الحاضر. وفي الأعوام الخمسين الماضية فقط، تضاعفت أعدادنا بأكثر من الضعف. ووفرة الموارد دفعت أيضا استخدامنا لهذه الموارد إلى مستويات مذهلة؛ فخلال خمسين عاماً مضت، تضاعف الاستهلاك العالمي للغذاء والماء العذب أكثر من ثلاثة أضعاف، كما ارتفع استخدام الوقود الأحفوري إلى أربعة أضعاف. ونحن الآن نستهلك ما بين ثلث ونصف جميع عمليات **التمثيل الضوئي**[٢] على الأرض.

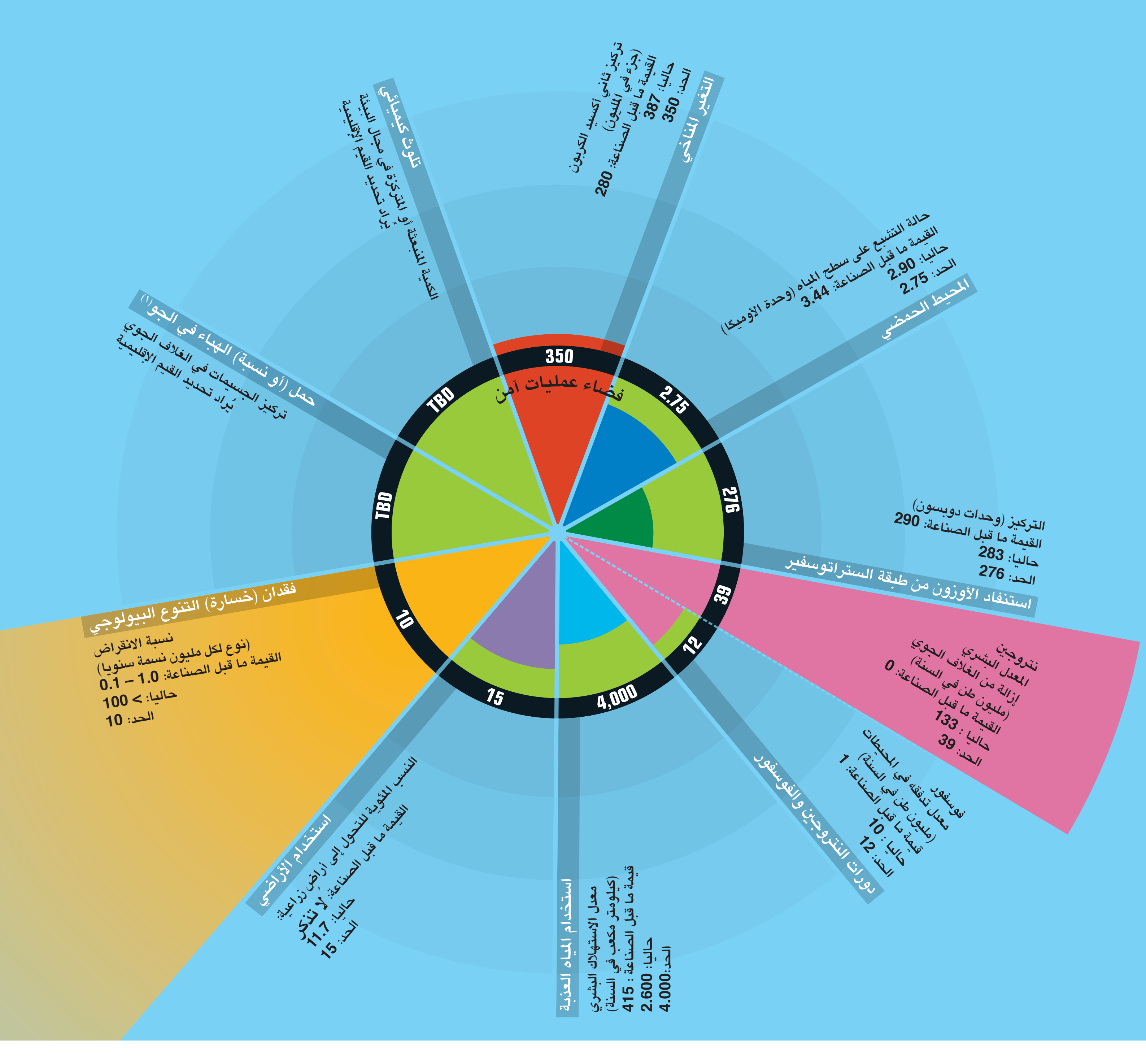
وهذا النمو العشوائي قد امتد بالتلوث من مشكلة محلية إلى هجوم عالمي. فاستنفاد الأوزون في طبقة الستراتوسفير وازدياد تركيز غازات **الاحتباس الحراري** greenhouse يمثل مضاعفات واضحة، ولكن العديد من التأثيرات الضارة الأخرى في طريقها إلى الازدياد.

إن الزيادة السريعة المفاجئة في النمو السكاني واستهلاك الموارد والضرر البيئي قد غيرت من طبيعة كوكبنا. فنحن الآن نعيش في عالم مليء بموارد محدودة أيضا على امتصاص النفايات. وقواعد العيش في مثل هذا العالم مختلفة أيضا. وما هو أساسي أكثر، علينا اتخاذ خطوات للتأكد من أننا نعمل في فضاء تشغيل آمن لنُظمنا البيئية. وإذا لم نراجع طرقنا، فسوف نتسبب بكوارث يمكن أن يكون لها تبعات وخيمة على البشرية.

ما الذي قد يسبب هذه التغيرات؟ وكيف يمكن تجنبها؟ حديثا، قام فريق عالمي من العلماء بقيادة <J. روكستورم> [من مركز المرونة في استكهولم بالسويد] ضَمَّ زملاء له من أوروبا والولايات المتحدة (وكنت ضمن الفريق المشارك) وأستراليا، بالبحث عن إجابات ذات صلة أكبر بالسؤال: هل نحن نقترب من «نقاط كوكبية حرجة» قد تدفع البيئة العالمية نحو حدود جديدة خطرة، خارج أي شيء أمكن مشاهدته خلال التاريخ البشري كله.

وبعد فحص العديد من **الدراسات البينية**[٣] للنُّظم الفيزيائية البيولوجية، حَدَّد فريقنا البحثي تسع عمليات بيئية يمكن أن تعرقل قدرة كوكبنا على دعم الحياة البشرية. لذا، فقد وضعنا حدودا لهذه العمليات يمكن للبشرية في إطارها أن تعمل بأمان،

(*) BOUNDARIES FOR HEALTHY PLANET
(١) the Holocene era
(٢) the photosynthesis
(٣) interdisciplinary studies




سـبـع من هذه العمليات لها حدود واضحة [*انظر الشـكل في هذه الصفحـة*] محددة علميا بعدد مفرد (وهذا بالطبع يحمل بعض الشك). وثلاثة من تلك الحدود – لتغيُّر المناخ وتحمـض المحيطـات واسـتنزاف الأوزون فـي طبقـة السـتراتوسـفير – تمثـل نقاط تحول، والأربعة الأخـرى تعني بداية تدهور **لاعكـوس**(٢). والعمليتـان الباقيتان – تلوث الهواء الجـوي والتلوث الكيميائي العالمي – لم تتم دراسـتهما على نطاق واسـع، لذا لم توضع لهما حدود بعد.

إن التحليل الذي أجرته مجموعتنا أوضـح أن ثـلاث عمليات تتجـاوز بالفعل حدودها: نقص التنوع البيولوجي، والتلوث بالنتروجين، وتغيـر المناخ. والعمليـات الأخريات جميعا تتجه نحو العتبـات. فالحدود الفردية يمكن

(١) AEROSOL LOADING
(٢) irreversible

**إن العمليات البيئية المحورية يجب أن تبقى ضمن حدود معينة، وإلا سيتهدد فضاء التشغيل الآمن الذي يمكن للبشر العيش فيه. يمثل التظليل مدى تقدم عملية من مستويات ما قبل الصناعة preindustrial levels نحو حَدٍّ أو ما بعده؛ وقد سبق بالفعل للتنوع البيولوجي وتدفق النتروجين وتغير المناخ عبور عتباتها. (لقد قرنت تدفقات النتروجين والفوسفور لوجودهما معا في الغالب).**

توليفهـا – بدقـة، والأخريـات ربما يمكن إضافتها في المستقبل، ولكن المجموعة تمثل تلخيصـا أوليا لأكثر شـروط العالم البيئية المحفوفة بالمخاطـر وتوفر إطارا للتفكير في كيفية مواجهة هذه التهديدات.

### تعقيدات الوقود الأحفوري(*)

إن فهم أسباب مشـكلاتنا البيئية المُلِحّة يوفر أدلة على حلهـا. ففي حالتين اثنتين – التغيـر المناخي وتحمـض المحيطات – ثمة سبب رئيسي وحيد مألوف جداً: الاستخدام البشـري للوقود الأحفوري الذي ينبعث منه غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو.

***التغيـر المناخـي***[1]. مـع أن كوكبنا قد تعرض بفعل البشر لارتفاع في درجة حرارته فسـوف يشـهد المزيـد منها، فـإن العلماء وصناع السياسة لازالوا يبحثون عن وسائل لتجنـب التبعات الأكثر تدميرا – والمتضمنة: فقـدان الصفائح الجليديـة القطبية وانهيار إمدادات المياه العذبة واضطراب نُظم الطقس الإقليمية. وبالفعل وصل تركيز ثاني أكسـيد الكربـون إلى 387 جزءا فـي المليون (ppm) (بالحجم، المقياس العادي)، ويستمر الحوار حول ما مسـتوى جميع غـازات الاحتباس الحراري الذي سوف يسـبب تغيرا مناخيا خطيراً؛ فالقيم المقترحة تتراوح بين 350 إلى 550 جـزءا في المليون من غاز ثاني أكسـيد الكربون. وفـي تحليلنا، نقترح مدى تحفظيا طويـل الأجل وهـو 350 جزءا فـي المليون، لجعل الكوكب بعيدا بدرجة كافية عن النقاط الحرجة. ولتحقيق هذا الهدف، على العالَم أن يتخذ إجراءات فورية لتثبيت انبعاثات غازَات الاحتباس الحـراري، وعليه خـلال القرون القليلة القادمـة، أن يحقق تخفيضا جوهريا في المستويات الحالية لتلك الانبعاثات.

***تَحمُّض المحيطـات***[3]. إن التحمـض المستمر للبحار هو السبب المعروف – والأقل تأثيراً في التغير المناخي. ومع ازدياد تركيز ثانـي أكسـيد الكربـون $CO_2$، فـإن كميته المذابة في المـاء **كحامض كربونيـك**[4]، هي التـي تجعل سـطح المحيط أكثـر حمضية. والمحيطات **قاعدية** basic بطبيعتها، ذات أس هدروجيني pH نحـو 8.2، ولكن النتائج تبين أن درجة الأس الهدروجيني انخفضت بالفعل إلى نحو 8 وتواصـل الانخفاض. والمقياس الذي اسـتخدمته مجموعتنـا لتحديد قيمة الضرر الناجـم عن هذا التغير هو انخفاض مسـتوى **الأراگوانيت**[5] (شكل من كربونات الكالسيوم) التي تكونت في الطبقة السطحية. فالعديـد من الشـعاب المرجانية ومجموعة كبيرة من العوالق النباتية التي تشكل أساس السلسـلة الغذائية تعتمد على الأراگوانيت لبنـاء هياكلها العظمية أو الأصداف. وزيادة الحموضـة يمكـن أن تضعف بشـدة نُظم المحيط البيئية والشبكات الغذائية موفرة بذلك سببا مقنعا آخر للدول للانتقال نحو مستقبل الطاقة المنخفضة الكربون.

المؤلف

**Jonathan Foley**

*<فولي> مدير المعهد البيئي في جامعة مينسوتا. وقد اكتسب خبرته أساسا كباحث في الغلاف الجوي. ويعمل بصفة أساسية في السلسلة المتصلة باستعمال الأراضي والزراعة والبيئة العالمية.*

## دفع الحدود(**)

**إن السماح للعمليات البيئية بتجاوز حدود معينة يمكن أن يترتب عليه مضاعفات خطيرة، ولكن اتخاذ إجراءات حاسمة يمكن أن يحافظ على هذه العمليات ضمن حدود آمنة. [*للمزيد، انظر: «حلول للتهديدات البيئية» بدءا من صفحة 79*].**

| عمليات بيئية | عواقبها إذا جرى تجاوزها | حلول ممكنة |
|---|---|---|
| فقدان التنوع البيولوجي | فشل النظم الإيكولوجية للأرض والمحيطات. | إبطاء قطع الأشجار؛ وتعويض مالي مقابل خدمات النظام الإيكولوجي. |
| دورة النتروجين | توسع المناطق الميتة في المحيطات. | الحد من استخدام الأسمدة؛ معالجة النفايات الحيوانية، التحول إلى المركبات الهجينة. |
| دورة الفسفور | تصدع السلاسل الغذائية في المحيط. | تخفيض استخدام الأسمدة؛ معالجة النفايات الحيوانية؛ معالجة أفضل للنفايات البشرية. |
| تغير المناخ | ذوبان الجليد والأنهار الجليدية القطبية، وتحول الأجواء الإقليمية. | التحول إلى كربون منخفض الطاقة والوقود؛ وضع ثمن لانبعاثات الكربون. |
| استخدام الأرض | فشل النظم الإيكولوجية؛ إفلات ثاني أكسيد الكربون. | الحد من الزحف العمراني؛ تحسين كفاءة المزارع؛ تعويض مالي مقابل خدمات النظام الإيكولوجي. |
| تحمض المحيطات | تموت التعضيات الميكروية[2] والشُّعَب المرجانية؛ يقل امتصاص الكربون. | التحول إلى طاقة منخفضة الكربون والوقود؛ الحد من الجريان السطحي للأسمدة. |
| استخدام المياه العذبة | تفشل النظم الإيكولوجية المائية؛ تختفي إمدادات المياه. | تحسين كفاءة الري؛ وضع أجهزة منخفضة التدفق. |
| نضوب الأوزون من طبقة الستراتوسفير | يؤذي الإشعاع البشر والحيوانات والنباتات. | التخلص التدريجي من مركبات الكربون الهدروكلوروفلورية؛ اختبار آثار المواد الكيميائية الجديدة. |

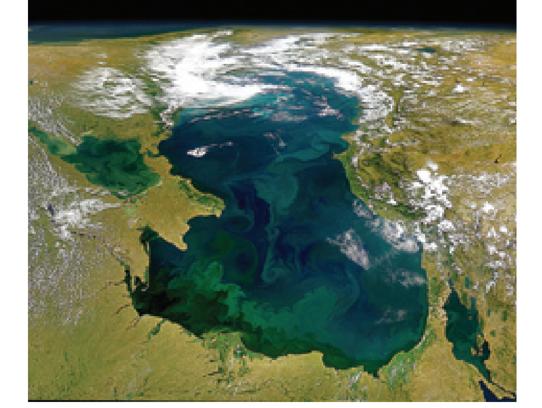
(*) Fossil-Fuel Complications
(**) PUSHING THE LIMIT
(1) *climate change*
(2) microorganism
(3) *Ocean acidification*
(4) carbonic acid
(5) aragonite

## إنتاج غذاء مُلتبَس(*)

يستغل البشر فعليا نحو 35% من سطح الأرض للمحاصيل والمراعي، والتوسع الزراعي هو الحافز الرئيسي لإزالة الأشجار من الأراضي الجديدة، وبالتالي تدمير النظم الإيكولوجية (البيئية) الطبيعية. وهناك عدة حدود كوكبية معرضة لخطر عبورها بسبب ممارسات استخدام الإنسان للأرض:

***فقدان (خسارة) التنوع البيولوجي***[1]. يسبب استصلاح الأراضي أحد أعظم انقراضات الأنواع في تاريخ الأرض. فنحن نخسر الأنواع الحيوانية بمعدلات تتراوح بين مئة وألف مرة أسرع من المعدلات المرئية في خلفية السجل الجيولوجي. فقد وُجد أن معدل الفقدان عبر النظم الإيكولوجية البريّة والبحرية في العالم يمكن أن يُقوض السيرورات البيئية على المستويين الإقليمي والعالمي. وإن الجهود الرامية إلى الحفاظ على التنوع البيولوجي، وخاصة في الغابات الاستوائية الحساسة، تحتاج إلى اهتمام أكثر. والمبادرات، مثل المبادرة «برنامج الأمم المتحدة لخفض الانبعاثات الناتجة من إزالة الأشجار وتدهور الغابات» (المعروفة باسم «ردّ» REDD)، التي تنمي تمويلا لإبطاء إزالة أشجار الغابات الاستوائية، يمكنها في آن معا معالجة تدهور التنوع البيولوجي وانبعاثات الكربون، والتي يمكن أن تكون فعالة جدا.

***تلوث نتروجيني وفسفوري***[2]. إن الانتشار المكثف للأسمدة الصناعية قد أخل بكيمياء كوكبنا. كما أن استخدام الأسمدة ضاعف أكثر من مرتين كمية تدفق النتروجين والفسفور عبر البيئة بمعدل سنوي يصل إلى 133 مليون طن من النتروجين و 10 ملايين طن من الفسفور. وكلا التدفقين يسببان تلوثا واسع الانتشار للمياه، ويخفضان العديد من البحيرات والأنهار ويدمران شواطئ ساحلية بتكوين مناطق كبيرة قاحلة «مناطق ميتة». فثمة حاجة إلى ممارسات زراعية جديدة



طحالب ضخمة (*الدوامات الخضراء قرب أسفل الشكل*) [تترعرع في البحر الأسود، وقد نشأت عن طريق الجريان السطحي الزراعي وحملها هناك نهر الدانوب (*أسفل الشكل*)] تقتل الحياة المائية. وهذا مثال على الطبيعة المترابطة للعمليات البيئية الحرجة، وهي في هذه الحالة استخدام الأراضي والتنوع البيولوجي.

تزيد من إنتاج الغذاء إلى جانب المحافظة على البيئة أيضا.

***نضوب المياه العذبة عالميا***[3]. نقوم سنويا بسحب كمية مذهلة من المياه تقدر بـ 2600 كيلومتر مكعب من الأنهار والبحيرات والطبقات الجوفية: 70% للري، 20% للصناعة، 10% للاستعمال المحلي. ونتيجة لذلك، تضاءل تدفق العديد من الأنهار الكبيرة، والبعض الآخر جفّ تماما. **والأمثلة الأيقونية**[4] تشمل نهر كولورادو، الذي لم يعد يصل إلى المحيط وبحر آرال في آسيا الوسطى، وهو الآن صحراء إلى حد بعيد. وقد يكون الطلب المستقبلي على المياه العذبة هائلا. وقد تساعد التحسينات المفاجئة في كفاءة استخدام المياه في العالم، لاسيما لأغراض الري، على تفادي حدوث انخفاضات أكثر خطورة.

## ابق بعيداً(**)

إن ما نشرته مجموعتنا البحثية في مجلة *Nature* قبل عدة شهور، قد أثار نقاشا علميا مفيدا. فقد حقق الجزء الأكبر من بحثنا قبولا جيدا، ونظر إليه على ما هو عليه: تجربة فكرية تحاول أن تحدد للعالم خطوط الخطر التي يجب «عدم اجتيازها». ومع ذلك، وجهت إلينا انتقادات شديدة من قِبل بعض الباحثين حتى لمحاولة وضع حدود، كما أن آخرين لا يوافقون على ما وضعناه من أرقام.

ربما التعليق الأكثر أهمية هو أننا وضعنا **عتبات**[5] يجب عدم تجاوزها، فقد نكون بذلك نشجع الناس على الاعتقاد أن الدمار البيئي مقبول طالما أنه يبقى ضمن حدود معينة. وللعلم، ليس هذا ما نقترحه! فعلى المجتمع ألا يسمح للعالَم أن ينجرّ نحو حدّ قبل أن يتصرف تجاه ذلك. فالتقدم من – ولِنَقُل –

---

Food Production Implicated (*)
Stay Far Away (**)
*Biodiversity Loss* (1)
*Nitrogen and phosphorus pollution* (2)
*freshwater depletion* (3)
(4) iconic examples : أمثلة ماثلة في الذهن.
thresholds (5)

إلى ثلثي الطريق إلى حدّ معين سوف يلحق أضـرارا فادحة. ونحن نحث الناس على أن يكونوا أذكياء كفاية ولديهم ما يكفي من الإيثار (تجاه الأجيال القادمة) للبقاء بعيداً عن الحدود قدر الإمكان، لأن كل حدّ منها يمثل أزمة بيئية.

لقد كان معظم الانتقادات معقولا، وقد توقعت مجموعتنا كثيرا منها. وكنا نعرف أن مفهوم الحدود يتطلب المزيد من الدراسة - خصوصا في تدقيق الأعداد وضبطها، وهذا ما نواصل العمل عليه. ولكن شعرنا بأن المفهوم كان قوياً ومن شأنه أن يساعد على تأطير تفكير جماعي حول حدود بيئية للوجود البشري. وكنا نأمل النتائج التي من شأنها أن تحفز نقاشا على نطاق المجتمع العلمي؛ ويبدو أننا حصلنا على ما تمنيناه.

## بداية بالحلول(*)

ثمة مجموعة شاملة من الحدود التي يجب مراعاتها على نطاق كوكبنا بينما ينصرف العالَم إلى المتطلبات الاقتصادية والاجتماعية والبيئية من أجل أن تحقق استدامة عالمية شاملة. وقد بدأ المجتمع بالتصدي لبعض التحديات، لكن على نحو تدريجي فقط، وذلك بالتفكير في كل حَدٍّ بشكل مستقل. ولكن في إطار حدود شديدة الترابط. فعندما يتم تجاوز عتبة واحدة، فإنه يضع الضغط على الحدود الأخرى، مما يزيد من خطر خرقها. فعلى سبيل المثال، إن تجاوز حد تغير المناخ قد يدفع معدلات الانقراض إلى الارتفاع. وبالمثل، فإن التلوث النتروجيني والفوسفوري قد يقوض مرونة النظم الإيكولوجية المائية، ويُسرِّع بشكل كبير خسارتها للتنوع البيولوجي. وبمثل القصد الحسن في معالجاتنا، فإن محاولة حل عامل واحد كل مرة سوف تفشل على الأغلب.

وفي هذا الزمن الحرج، غير كاف أن يقتصر عمل العلماء على تعريف المشكلة العلمية المطروحة. فعليهم أيضا البدء باقتراح حلول لها. وفيما يلي بعض الأفكار للبدء في هذا المضمار:

- تحقيق الانتقال إلى نظام طاقي فعال، منخفض الكربون. إن القضايا الملحة المتعلقة بتغير المناخ وتحمّض المحيطات تتطلب منا تثبيت تراكيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي بأسرع ما يمكن، ومن المفضل أن تكون هذه التراكيز تحت 350 جزءا في المليون (ppm). فالانتقال سوف يتطلب تحسينات هائلة في كفاءة استخدام الطاقة، *يليها جلب مصادر طاقة منخفضة الكربون بقياس سريع.*
- تقليص تطهير الأراضي وتدهورها إلى حد كبير، خاصة إزالة الغابات الاستوائية. فالعديد من **الحدود الكوكبية**[1]، خاصة فقدان التنوع البيولوجي، معرضة لخطر التوسع المستمر للمستوطنات البشرية.
- استثمار في ممارسات زراعية ثورية. ويتأثر بعدة حدود، بما فيها تلك التي تتعلق بتلوث المواد الغذائية واستهلاك المياه، من قِبل نظمنا الزراعية الصناعية. وثمة مقاربات جديدة محتملة، بما في ذلك أصناف نباتية جديدة وتقنيات زراعية دقيقة، فضلاً عن كفاءة أكثر في استخدام المياه والأسمدة.

وفي تطبيقنا للحلول المرجوة، ينبغي أن نعترف أنه لا وجود لكتاب قواعد بسيط من أجل تحقيق مستقبل أكثر استدامة. فعلينا أن نعمل على تطوير مبادئ العمل الجديدة كما اعتدنا عليه في نظمنا الاقتصادية ومؤسساتنا السياسية ونظمنا الاجتماعية، باقين مدركين بالفعل فهمنا الحدود للسيرورات البيئية والبشرية. وينبغي لأي معايير أو ممارسات مبتكرة أن تسمح لنا بأن نستجيب للمؤشرات المتغيرة المتعلقة بالصحة البيئية والاحتياجات الاجتماعية، بينما تساعدنا على تشديد مرونة النظم الطبيعية والبشرية بحيث تكون أكثر مناعة وأقل عرضة للصدمات غير المتوقعة والمرجح جدا حدوثها. ولتحقيق أقصى قدر من المرونة، سيكون علينا أن نبذل قصارى جهدنا للعيش ضمن الحدود لكوكب منكمش. ■

(*) A Start at Solutions
(1) the planetary limits


مراجع للاستزادة

**A Safe Operating Space for Humanity.** Johan Rockström et al. in *Nature*, Vol. 461, pages 472–475; September 24, 2009.

**Commentaries: Planetary Boundaries.** *Nature Reports Climate Change*, Vol. 3, pages 112–119; October 2009. **http://blogs.nature.com/climatefeedback/2009/09/planetary_boundaries.html**

**Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity.** Johan Rockström et al. in *Ecology and Society*, Vol. 14, No. 2, Article 32; 2009. **www.stockholmresilience.org/planetary-boundaries**

# حلول لمواجهة التهديدات البيئية[*]

*خبراء يشرحون الأفعال الأكثر فاعلية في مواجهة التهديدات البيئية.*

## فقدان التنوع البيولوجي[**]

<G. C.> ديلي>، *أستاذ علم البيئة، جامعة ستانفورد*


غابة مطرية، كوستا ريكا

لقد حان الوقت لكي نواجه الحقيقة المُرّة التي تبين أن المقاربات المعهودة لحفظ التنوع البيولوجي (الأحيائي) إذا طبقت وحدها فمصيرها الفشل، لأن الاحتياطات الطبيعية أصغر وأقل مقدارا وأكثر انعزالا وعرضة للتغير من أن تكون قادرة على دعم أكثر من جزء بسيط من التنوع البيولوجي على الكرة الأرضية. والتحدي هو جعل الحفظ فكرة جذابة من وجهة نظر اقتصادية وثقافية، إذ لا يمكننا الاستمرار بالتعامل مع الطبيعة على أنها مائدة مفتوحة نأكل منها ما نشاء.

إننا نعتمد على الطبيعة لتحقيق الأمن الغذائي وللحصول على الماء النقي والأطعمة البحرية والأخشاب وخدمات بيولوجية وفيزيائية أخرى. ونحتاج لاستمرار بقاء هذه المنافع ليس فقط إلى الاحتياطيات النائية، بل أيضا إلى توفيرها في كل مكان – بما يشبه «محطات خدمات النظام البيئي (الإيكولوجي)».

ويقوم بعض الرواد القلائل بمحاولة تكامل الحفظ مع التطور البشري. إذ تقوم حكومة كوستاريكا بالدعم المالي إلى أصحاب الأراضي مقابل خدمات للنظام البيئي الخاص بالغابات الاستوائية مثل التغير في نسبة الكربون وتوليد الطاقة المائية وحفظ التنوع البيولوجي والمناظر الطبيعية الجميلة. وتستثمر الصين 100 مليون دولار فيما يسمى «التعويض البيئي» الذي يتضمن مكافأة السياسات الإبداعية والآليات المالية التي تعود بالنفع على ترميم البيئة وحفظها.

وتنشىء هذه البلاد أيضا ما يسمى «مناطق حفظ وظائف النظام البيئي» التي تؤلف نحو 18 في المئة من مجمل مساحة أراضي البلاد. وقد أجرت أيضا كولومبيا وجنوب إفريقيا تغييرات مهمة في السياسات البيئية.

وهناك ثلاثة تقدمات قد تساعد بقية الأمم على تقدير أبعاد مثل هذه النماذج الناجحة. الأول: هو تقدم العلوم والوسائل الحديثة لتقدير الرأسمال الطبيعي وأخذه بالحسبان، في **البنود** terms البيوفيزيائية والاقتصادية وغيرها. فمثلا، جرى في **مشروع الرأسمال الطبيعي** (NCP)[١] تطوير البرمجيات InVEST التي تكامل تقييم خدمات النظام مع ما يمكن مقايضته، وذلك لكي تستخدم الحكومات والتعاونيات هذه البرمجيات في تخطيط الاستفادة من الأراضي والموارد وتطوير البنى التحتية. الثاني: هو التشديد على إظهار مثل تلك الوسائل في سياسة الموارد. الثالث: هو التعاون بين الحكومات ومنظمات التطوير والمؤسسات والجماعات بقصد مساعدة الأمم على إقامة اقتصادات أكثر استدامة في الوقت نفسه الذي تُبقي فيه على خدمات النظام البيئي الحرجة.

## دورة النتروجين[***]

<R. هوارث>، *أستاذ البيئة والبيولوجيا البيئية في جامعة كورنل*

لقد غيّر النشاط البشري تدفق النتروجين في جو الأرض بدرجة كبيرة جدا، وكان المساهم الفرد الأكبر في ذلك هو استخدام الأسمدة. ولكن حرق الوقود الأحفوري يهيمن، في الواقع، على هذه المسألة في بعض المناطق مثل شمال شرق الولايات المتحدة. والحل في هذه الحالة هو اللجوء إلى ترشيد الطاقة واستخدامها بكفاءة أكبر. وتعد **المركبات الهجينة** hybrid vehicles علاجا ممتازا آخر. إذ إن ما يصدر عنها من النتروجين هو أقل بكثير من المركبات التقليدية لأن

(*) SOLUTIONS TO ENVIRONMENTAL THREATS
(**) BIODIVERSITY LOSS
(***) NITROGEN CYCLE
(١) The Natural Capital Project



محركاتها تتوقف عن العمل حالما تقف المركبة. (في الواقع يزداد الإصدار في المحركات التقليدية عندما تكون في موضع الحياد.) ويمكن أيضا، تخفيض إصدار النتروجين من معامل إنتاج الطاقة في الولايات المتحدة إلى درجة كبيرة إذا ما طلب إلى المعامل التي شيدت قبل صدور قانون الهواء النظيف وتعديلاته الالتزام بما جاء فيه؛ وهذه المعامل تلوث في الواقع بما لايتناسب على الإطلاق مع كمية الكهرباء التي تنتجها.

وفي الزراعة، يمكن لعدد كبير من المزارعين استخدام كميات أقل من السماد، والنقص الناتج في المحاصيل سيكون صغيرا إن لم يكن معدوما. ويمكن تجنب التسرب من حقول الذرة على وجه الخصوص، لأن جذور الذرة لا تنتشر سوى في الجزء العلوي من التربة بما لا يتعدى بضعة سنتيمترات؛ كما لا تحتاج إلى الغذاء إلا لمدة شهرين في السنة. إضافة إلى ذلك، يمكن تخفيض الفاقد من النتروجين بمقدار 30 في المئة أو أكثر إذا زُرعت محاصيل شتوية ساترة، مثل **الشوفان** rye والقمح، التي تساعد التربة على الاحتفاظ بالنتروجين. وتزيد هذه المحاصيل أيضا قدرة التربة على احتجاز الكربون وتلطيف قسوة التغير المناخي. وأفضل من هذا وذاك، القيام بزراعة النباتات المعمرة كالأعشاب بدلا من الذرة، إذ يكون فقدان النتروجين أقل بعدد كبير من المرات.

ويعد التلوث بالنتروجين الناتج من عمليات تغذية الحيوانات بالأعلاف المركزة مشكلة ضخمة جدا. فحتى وقت قريب، في السبعينات، كان معظم الحيوانات يُطعم من المحاصيل المحلية، وكانت فضلاتها تعاد إلى الحقل لتسميده. أما اليوم، فيطعم معظم الحيوانات في الولايات المتحدة محاصيل منتجة من أماكن تبعد آلاف الكيلومترات مما يجعل مسألة إعادة **الروث السمادي**[1] غير اقتصادي. فما هو الحل إذن؟ الحل هو أن يُلزَم مربو الماشية بمعالجة فضلات حيواناتهم بالطريقة نفسها التي تتبعها البلديات في معالجة الفضلات البشرية. وكذلك إذا أكلنا مقادير أقل من اللحوم فستنتج مقادير أقل من الفضلات وسنحتاج إلى مقادير أقل من الأسمدة الصنعية اللازمة لإنتاج الأعلاف الحيوانية. وقد يكون استهلاك لحوم الحيوانات التي تربى على الأعشاب الرعوية البرية، حلا مثاليا.

ويزيد مسألةَ التلوث بالنتروجين حدةً النموُ الانفجاريُّ في إنتاج الإيثانول لاستعماله وقودا حيويا. فقد بينت دراسات عديدة أنه إذا تحقق ما خططت له الولايات المتحدة في إنتاج الإيثانول، فإن مقدار النتروجين الذي سيجري في مياه نهر الميسيسيپي ويسبب حدوث المنطقة الميتة في خليج المكسيك سيزداد بمقدار يتراوح ما بين 30 و 40 في المئة. وإن أفضل البدائل في هذا المضمار هو التخلي عن إنتاج الإيثانول من الذرة. فإذا كانت البلاد ستعتمد على الوقود البيولوجي، فمن الأفضل زراعة الأعشاب والأشجار ثم حرقها للمساعدة على توفير التدفئة والكهرباء، لأن التلوث بالنتروجين وغازات الاحتباس الحراري الأخرى سيكون أقل بكثير.

## دورة الفسفور(*)

**<D. A. ڤاكاري>**، *مدير الهندسة المدنية والبيئية والبحرية في مؤسسة ستيڤنز للتقانة*

يزداد الطلب على الفسفور بوتيرة أسرع من ازدياد السكان بسبب ارتفاع مستويات المعيشة. وإذا استمر معدل الازدياد الحالي هذا فإن الاحتياطيات المتاحة قد تنفد في مدى أقل من قرن واحد. ولذلك، فإن لنا هدفين هما المحافظة على الفسفور كأحد الموارد والتقليل من تسربه الذي يخرب النُّظم البيئية الساحلية.

ويعد التدفق الطبيعي أكثر تسربات الفسفور إلى البيئة استمرارية؛ ويقدر بنحو سبعة ملايين طن متري في السنة.

(*) PHOSPHORUS CYCLE
(1) the manure

وللوصول إلى هذا الحد، الذي يقابل استعمال نحو 22 طنا متريا في السنة، علينا تدوير أو إعادة استعمال 72 في المئة من فسفورنا؛ وإذا ازداد الطلب إلى أكثر مما كان عليه، يتعين عندئذ إجراء المزيد من التدوير.

ويمكن التقليل من تسرب الفسفور باستخدام التقانات المتوفرة. إذ يمكن لتقنيات الترشيد الزراعي، مثل الزراعة من دون حراثة أو زراعة المصطبات أن تخفض تسرب الفسفور الذي يصب في الأنهار بنحو 7.2 طن متري في السنة (Mt/yr). أما معظم الفضلات الفسفورية غير المدورة لحيوانات المزارع الفسفورية التي تقدر بنحو 5.5 طن متري في السنة والتي تنتهي عادة في البحار، فيمكن مبدئيا حذفها بنقل تلك الفضلات إلى المناطق الزراعية حيث يمكن استخدامها. كما تستطيع التقانات، في حالة الفضلات البشرية زيادة مردود الاستعادة من 50 إلى نحو 85 في المئة، فنوفر بذلك 1.05 طن متري في السنة.

تمثل هذه الإجراءات ما قد يسمى «الفاكهة الدانية القطاف» القائمة على أساس ما يمكن عمله وليس ما نحن بحاجة إليه لنتجنب الخوض في سيناريوهات خطرة. ومع ذلك، فإن تلك الإجراءات ستؤدي إلى تخفيض الفاقد المتسرب إلى المياه من 22 إلى 8.25 طن متري في السنة، وهذا ليس أعلى بكثير من التدفق الطبيعي.

## تغير المناخ(*)

*<A. C. **موريس**>، مدير السياسات، مشروع اقتصاد الطاقة والمناخ، مؤسسة بروكينگز*

مع أن تقرير الحدود المقبولة لتراكيز غازات الاحتباس الحراري في جو الأرض، يبدو قرارا علميا، إلا أنه يتطلب إجراء موازنة بين النفع والتكلفة المترتبة على تحقيق الأهداف المختلفة وتقرير من يجب عليه تسديد هذه التكلفة. وبالنظر إلى صعوبة هذا الأمر علينا أن نتبنى سياسات تؤدي إلى خفض التكلفة حتى قيمة دنيا والحفاظ على الإجماع فيما علينا فعله لعدد كبير من السنين.

الخطوة الأولى هي عدم قتل الإجماع وهو في المهد نتيجة طموح قصير الأمد، فالناخبون الغاضبون سيطلبون شطب أي مشروع يرون أنه مرتفع التكلفة جدا.

وتستطيع السياسات المناخية القائمة على أساس التكلفة المادية، تجنب مثل تلك العوائق الاقتصادية والسياسية. محليا، ثمة خيار فرض ضريبة تصاعدية مقبولة اقتصاديا بوجه عام على غازات الاحتباس الحراري. وثمة خيار آخر هو نظام **الاتجار برخص إطلاق الانبعاثات (الملوِّثة)** المعروف بـcap-and-trade[1]. عندئذ، يمكن لنظام تسعيري قابل للتعديل أن يُبقي تكلفة إصدار انبعاثات إضافية عما هو مقرر لكل جهة، عالية بحيث تحفز على خفض تلك الانبعاثات وفي الوقت ذاته تحد من الخطر على الاقتصاد (وعلى البرنامج ذاته) إذا تبين أن **الحدّ الأعلى** cap مُعسِر عن غير عمد.

ويجب على الاتفاقيات الدولية السماح بأن يكون الإلزام القائم على أساس السعر بديلا للحدود الصارمة للانبعاثات التي قد تبدو غير ممكنة التحقيق. وقد تسمح اتفاقية مناخية للدول بدفع ضريبة متفق عليها. ومن شأن هذه المرونة أن تخفف من قلق الدول النامية من احتمال أن تعيق **الحدود العليا** caps تلطيف حدة الفقر في هذه الدول. فالبقاء ضمن مجال آمن في العمل، يتطلب البقاء ضمن جميع الحدود ذات العلاقة، بما فيها عزم جمهور الناخبين على تسديد القيمة المالية المقابلة.



## استخدام الأراضي(**)

*<E. F. **لامبين**>، أستاذ نظم الأرض في جامعة ستانفورد وجامعة لوڤين*

لكي نتحكم في التأثيرات الناجمة عن استخدام الأراضي علينا أن نركز على مسألة توزيع المحاصيل الحقلية عالميا، فنركز على الزراعة المكثفة في الأراضي التي لديها احتمال أكبر لإعطاء محصول وفير. ولكن ما يحصل الآن هو أننا نخسر جزءا مهما من هذه الأراضي الرئيسية. ونحن بصدد خطر الوصول إلى النقطة التي تؤدي فيها محاولة تحقيق أي زيادة في إنتاج الغذاء (ناهيك عن الوقود البيولوجي) إلى إزالة سريعة للغابات الاستوائية والنظم البيئية الأخرى، وكذلك إلى توسع الأراضي الزراعية على حساب الحقول الهامشية ذات المستوى المتدني من الإنتاج.

ويمكن تحاشي خسارة أفضل الأراضي الزراعية بالتحكم في مسألة تدهور الأراضي ونقصان الماء العذب وزحف المدن. وهذه الخطوة تتطلب القيام بتحديد المناطق وتبني ممارسات زراعية أكثر كفاءة وبخاصة في البلدان النامية. ويمكن تخفيف وطأة الحاجة إلى الأراضي الزراعية عن طريق تقليل الفاقد

(*) CLIMATE CHANGE
(**) LAND USE
(1) يضع هذا النظام حدًّا أعلى (cap) للانبعاثات المرخصة لكل جهة، ويمكن لهذه الجهة تجاوز هذا الحد بشراء رخصة بذلك مما هو مرخص لجهة أخرى، ثمنها يخضع للعرض والطلب. (التحرير)

على امتداد سلسلة توزيع الغذاء، وتشجيع النمو السكاني البطيء، والتأكيد على توزيع عالمي للغذاء أكثر إنصافا، وتخفيض كبير في استهلاك اللحوم في البلاد الغنية.

ويمكن توفير المزيد من الأراضي المخصصة للطبيعة بفرض سياسات قوية بشأن عدم التعدي على الأراضي، كما فعل الاتحاد الأوروبي. وقد استطاعت قلة من البلاد النامية (الصين وڤيتنام وكوستاريكا) الانتقال من إزالة الغابات إلى زراعة الغابات، ويعود الفضل في ذلك إلى الحكام البيئيين الأفضل والإرادة السياسية القوية لتحديث استغلال الأراضي الزراعية، والتغيرات الثقافية والسياسية التي تعتمد على قوانين استخدام الأرض، والإحساس بواجب الإبقاء على خدمات النظم البيئية. والتحدي الذي تواجهه هذه الأمم هو الاستمرار بمثل هذه السياسات دون أن يكون عليها استيراد المزيد من الغذاء.


محاصيل، زحف المدن

## تحمُّض المحيطات(*)

<S. C. دوني>، *أستاذ في معهد وودز هول لعلم المحيطات*

تزداد حموضة المحيطات بسبب ازدياد انبعاثات ثاني أكسيد الكربون $CO_2$ في جميع أنحاء العالم، ومع ذلك فإن حلولا عالمية ومناطقية ومحلية مازالت ممكنة. فنحن، على المستوى العالمي، بحاجة إلى وقف ضخ المزيد من غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، وربما لاحقا إلى إنقاص تركيزه ليصبح مساويا لما كان عليه في زمن ما قبل الثورة الصناعية. وتتضمن الأساليب الواجب اتباعها زيادة الكفاءة الطاقية والتحول إلى مصادر الطاقة المتجددة والطاقة النووية وحماية الغابات والتعمق في دراسة تقنيات احتجاز الكربون.

فمحليا نجد أن ضرر تسرب المغذيات لا يقتصر فقط على إحداث المناطق الميتة بل يتعدى ذلك ليشمل مسألة زيادة الحموضة. وتتسبب زيادة المغذيات في زيادة نمو **النباتات المغمورة في الماء** phytoplankton التي تطلق عند موتها وتحللها غاز ثاني أكسيد الكربون الذي يُحمِّض الماء. ولذلك يجب أن نكون أكثر حنكة عندما يتعلق الأمر بتسميد حقولنا ومروجنا الخضراء، وبمعالجة فضلات الماشية والصرف الصحي. والإجراء الآخر الذي يجب اتخاذه هو التخفيف من المطر الحمضي الذي تسببه غالبا معامل توليد الطاقة وانبعاثات الصناعة، فالمطر لايتوقف عند خط التقاء البحر مع اليابسة.

ويمكن محليا أيضا، تعديل المياه الحمضية باستعمال الحجر الكلسي أو مواد كيميائية قاعدية تنتج بالتحلل الكيميائي الكهربائي لماء البحر أو بعض الصخور. وقد يكون الإجراء الأكثر عمليا هو حماية بعض القيعان المحددة التي تعيش فيها الأصداف ومناطق تفقيس الأسماك. ويبدو أن **يرقات الرخويات** larval mollusks، مثل **البطلينوس** clams و**المحار** oysters، هي أكثر تأثرا بالحموضة من أفرادها البالغة، وأن إعادة تدوير أصداف البطلينوس القديمة في الوحل قد يساعد على تعديل **التغير في درجة الحموضة** pH change وتوفير ركيزة أفضل للعلاقة اليرقية. وتستطيع مناطق تفقيس الأصداف التحكم في كيمياء المياه والتحول إلى **أنواع** species أكثر مقاومة.

ويتوقع أن يتسارع النقصان في درجة حموضة pH مياه البحار خلال العقود القادمة، لذلك يجب على النظم البيئية البحرية أن تتكيف مع الشروط الجديدة. ويمكن أن نعزز فرص نجاح هذا التكيف بتقليل التعديات الأخرى مثل تلوث المياه والصيد الجائر، فتصبح تلك النظم أكثر قدرة على تحمل بعض الزيادة في الحموضة خلال فترة الابتعاد عن اقتصاد الطاقة المعتمد على الوقود الأحفوري.

## استعمال المياه العذبة(**)

<P. H. كليك>، *رئيس مؤسسة پاسيفيك*

ينكر بعضُ المراقبين العقلانيين الحاجة إلى وضع حدود لاستعمال المياه العذبة. ولكن الأمر الأكثر إثارة للجدل هو تعيين أين يجب وضع تلك الحدود أو ما هي الخطوات التي يجب اتباعها لإلزام أنفسنا في عدم تخطيها.

ويعد مفهوم **ذروة المياه** water peak طريقة أخرى لتوصيف تلك الحدود. وتوجد ثلاث أفكار مختلفة ذات فائدة في هذا الشأن. تمثل حدود **الذروة المتجددة**(1) التدفقات المائية الكلية المتجددة في مجرى مائي معين. ويتبين أن عددا كبيرا من أنهار العالم الرئيسية قد اقترب فعلا من هذه العتبة - أي عندما

---
(*) OCEAN ACIDIFICATION
(**) FRESHWATER USE
(1) peak renewable

يتجاوز الفاقد بالتبخر والاستهلاك مقدار ما تعوضه الطبيعة بواسطة الأمطار أو المصادر الأخرى. وتنطبق حدود «الذروة غير المتجددة» عندما يزيد الاستعمال البشري للمياه كثيرا على معدلات التعويض الطبيعي، كما في أحواض المياه الجوفية الأحفورية الموجودة في السهول العظمى وفي ليبيا والهند وشمال الصين وأجزاء من الوادي المركزي في كاليفورنيا. لقد بدأ الاستجرار من هذه الأحواض بالتزايد في بداية الأمر ثم استقر ثم أخذ بالتناقص عندما أخذ بالارتفاع مقدار الجهد المبذول وتكلفة استخراج المياه من تلك المصادر الناضبة – وهذه معلومة تشبه تلك التي تحدث لذروة النفط.

وتتمثل «الذروة الإيكولوجية (البيئية)» للمياه بالفكرة التي تبين أن أي نظام هيدرولوجي يتعرض لاستجرار متزايد يصل في النهاية إلى النقطة التي يكون فيها أي نفع اقتصادي إضافي من استجرار المزيد من الماء أقل من مقدار التخريب البيئي الإضافي الذي يسببه هذا الاستجرار. ومع أنه من الصعب تحديد هذا الأمر كميا بدقة، لكننا بالتأكيد تجاوزنا حد الذروة البيئية للمياه في العديد من الأحواض المائية في جميع أرجاء العالم، حيث وقع تخريب هائل كما في بحر آرال وإيفركليد وسكرامنتو – وادي سان جوكين والكثير من **الأحواض المائية**[1] في الصين.

وتبين الدلائل الواعدة توفر إمكانية كبيرة للإنقاذ من دون الإضرار بصحة البشر أو بالإنتاجية الاقتصادية. ويمكن إدخال تحسينات في كفاءة استخدام المياه في جميع القطاعات. إذ يمكن إنتاج المزيد من الغذاء بمقدار أقل من الماء (وبتلويث أقل أيضا) وذلك بالتحول من نظام الري بالغمر التقليدي إلى نظام الري بالتنقيط أو بالرشاشات الدقيقة مع مراقبة أكثر دقة لرطوبة التربة وتدبيرها. كما يمكن أن نغير التبريد في معامل توليد الطاقة التقليدية من نظام التبريد المائي إلى نظام التبريد الجاف وتوليد المزيد من الطاقة بالاعتماد على مصادر تستخدم كمية قليلة جدا من الماء، مثل الخلايا الشمسية والرياح. ويمكن منزليا، أن يغير ملايين البشر معداتهم الحالية ذات الكفاءة المائية المتدنية إلى أخرى ذات كفاءة عالية وبخاصة آلات الغسيل والمراحيض والاستحمام بالماء الهاطل (الدوش أو الشاور).


ري بالتنقيط

## استنزاف الأوزون(*)

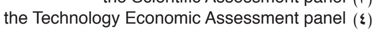
<D. W. فاهي>، *فيزيائي في الإدارة الوطنية للمحيطات والأجواء*

لقد أدى بروتوكول مونتريال التابع لاتفاقية ڤيينا لحماية طبقة الأوزون إلى تخفيض استعمال المواد التي تستنزف الأوزون – وبخاصة مركبات **الكلوروفلوروكربون** (CFCs) – و**الهالونات**[2] بنسبة 95% على مدى العقدين المنصرمين. فمنذ الأول من الشهر 1 توقف كليا إنتاج هذه المركبات في الـ 195 بلدا الموقعة على هذا البروتوكول. ونتيجة لذلك سينعكس كثيرا استنزاف أوزون طبقة الستراتوسفير بحلول عام 2100. وقد تحقق هذا الكسب جزئيا بالاعتماد على بدائل متوسطة وبخاصة مركبات **هيدروكلوروفلوروكربون** (HCFCs) والاستخدام المتنامي لمركبات أخرى لا تسبب الاستنزاف مثل مركبات **هيدروفلوروكربون** (HFCs).

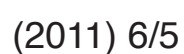
ويعتمد استمرار النجاح على عدد من الخطوات:

- الاستمرار بمراقبة طبقة الأوزون للكشف السريع عن أي تغيرات غير متوقعة. والتأكد من أن الأمم تلتزم بالقوانين والأنظمة بهذا الصدد، فمثلا، لن تتلاشى المركبات HCFC تماما حتى عام 2030.
- الإبقاء على **مجلس التقدير العلمي**[3] المشكل بموجب بروتوكول مونتريال. وهذا المجلس يردُّ أسباب التغيرات في طبقة الأوزون إلى مسبباتها ويقيّم المركبات الكيميائية الجديدة من حيث قدرتها على تخريب طبقة الأوزون والإسهام في التغير المناخي.
- الإبقاء على **مجلس التقدير التقاني والاقتصادي**[4]. يهتم هذا المجلس بتوفير المعلومات المتعلقة بالتقانات والمركبات الكيميائية البديلة التي قد تساعد الأمم على معرفة كيف يمكن تلبية الطلب على بعض الاستخدامات، مثل التبريد وتكييف الهواء وصناعة المواد العازلة الرغوية وفي الوقت نفسه حماية طبقة الأوزون.

وعلى المجلسين أيضا تقييم مشكلتي التغير المناخي واستعادة الأوزون معا، فالتغير المناخي يؤثر في وفرة الأوزون عن طريق تعديل التكوين الكيميائي للستراتوسفير وديناميته، ومركبات مثل الـ HCFCs و HFCs هي غازات الاحتباس الحراري. فمثلا، إن الطلب الكبير على المركبات HFCs الملاحظ حاليا، يمكن أن يسهم بدرجة كبيرة في التغير المناخي.


ثقب الأوزون
(*أزرق*)

(*) OZONE DEPLETION
(1) watersheds
(2) halons
(3) the Scientific Assessment panel
(4) the Technology Economic Assessment panel



# الإقلاع عن عادة النمو الاقتصادي[*]

*لا يستطيع المجتمع أن يحمي مستقبله إلا بالانتقال من النمو الاقتصادي الطائش إلى المحافظة بذكاء على الثروة والموارد.*

<B. ماك كيبن>

**مقدمة المحرر:** اقترح العلماء اتخاذ إجراءات ملزمة للتخفيف من أضرار بيئية معينة، ولإبطاء استهلاك بعض الموارد [*انظر: «حلول للتهديدات البيئية» في الصفحة 79*]. ولكن <B. ماك كيبن> [وهو عالم مقيم في معهد ميدلبري وأحد مؤسسي مجموعة الفعل المناخي الـ 350.org] يبين أنه لكي نتوقف فعلا عن تدمير كوكب الأرض يجب أن تقلع المجتمعات عن أكثر عاداتها توهينا وهي عادة: **النمو** growth.

ويبين <ماك كيبن> في كتابه «**الأريض**» *Eaarth*[١]: **العيش على كوكب جديد صعب المراس**[٢]، أن الجنس البشري يعيش الآن، بسبب أفعاله، في عالم مختلف كليا، أطلق عليه اسم الأريض. وتبين أن هذا الكيان السماوي لم يعد بمقدوره دعم نمط النمو الاقتصادي الذي كان يقود المجتمعات في السنوات الـ 200 الماضية. ولكي نتفادى الانهيار الحتمي، يجب أن ننشد المحافظة على الثروات والموارد، ويتحقق ذلك بدرجة كبيرة بالانتقال إلى اقتصادات محلية أكثر ديمومة.

ويعرض <ماك كيبن> قضيته في المقالة التالية المقتبسة من عدة أجزاء من كتابه. ويقدم في الهوامش، وهي ملخصات من الكتاب نفسه، أمثلة على مزارع محلية ناجحة وعمليات مثمرة لإنتاج الطاقة.

تتطلب الكواكب الجديدة عادات جديدة. فإذا ما خرجت من قاعدتك على المريخ وأردت أن تتنفس، فلابد من أنك تأسف لفعل ذلك. إننا ببساطة لايمكن أن نعيش على الأرض الجديدة كما لو أنها القديمة – فنحن قد ألغينا هذه الإمكانية من خياراتنا.

ففي العالم الذي عشنا فيه، كانت أكثر العادات الاقتصادية والسياسية المتأصلة فينا هي عادة **النمو** growth. فقد شغفنا منذ أيام <آدم سميث> أي منذ نحو 250 سنة، بالفكرة القائلة إن الكثرة هي الأمثل، وأن حل أي مشكلة يكمن في المزيد من التوسع. ويرد ذلك إلى أن هذه المقاربة كانت تثبت جدواها دائما، أو على الأقل، على امتداد زمن طويل: فقد كانت حياة الراحة والطمأنينة التي عشناها ـ نحن الأوروبيين ـ نتاج عشرة أجيال من النمو المتواصل في اقتصاداتنا. ولكننا الآن، وقد علقنا بين الرمضاء والنار، نجد أن الوقت قد حان للتفكير بوضوح كبير في المستقبل. وقد نخلص في حياتنا على كوكبنا الجديد إلى أن النمو قد يكون العادة الكبيرة التي يجب أن نقلع عنها نهائيا.

إنني أدرك تماما أن الوقت الحاضر يعد أسوأ لحظة ممكنة لطرح وجهة نظري هذه. فقد دمّر التباطؤ المؤقت في النمو، الذي ندعوه **كسادا** recession – في مجتمع مُوجّه فقط نحو التوسع – الكثير من سبل العيش. فنحن غارقون بالديون، أفرادا وأُمَمًا، وفي محاولتنا الخروج من تحت ذلك العبء الاقتصادي قمنا بتوظيف المزيد من المال

(*) BREAKING THE GROWTH HABIT

(١) *Eaarth: Making a Life on a Tough New Planet*

(٢) وضعت هذه الكلمة (الأريض) لتتلاءم مع التحريف البسيط Eaarth لكلمة Earth الأرض. وقد أدخل مؤلف الكتاب هذا التحريف على اسم كتابه، لأنه يرى أن التغييرات الكبيرة التي طرأت على كوكبنا بفعل البشر، لم تعد تسمح بأن نطلق عليه اسمه الأصلي Earth. (التحرير)

**يمكننا إيجاد طرق ظريفة للعيش على هذا الكوكب الجديد، ولكن علينا أولا إخماد شعورنا بأن المستقبل سوف يشبه الماضي.**

لكي نتمكن من جعل النمو ينطلق في مساره من جديد. وسمي ذلك **تحفيزا اقتصاديا** economic stimulus – وهو رهان على إمكان إعادة تشغيل آلة النمو واسترداد، ليس فقط ما صُرِف على التحفيز، بل وما تراكم من دين كان هو السبب الرئيسي في ظهور المشكلة.

ويُعد ما ندين به للبيئة أسوأ الديون التي نواجهها – فالكربون يتراكم في الجو ويغير معالم الأرض. وهنا أيضا، نجد أن أفضل طريقة للخروج من ذلك الوضع هي جولة جديدة من النمو – أي انبثاق نشاط اقتصادي هائل مصمم للاستغناء عن نظام الوقود الأحفوري الحالي وإيجاد نظام آخر يمكّننا من الاستمرار بالعيش بالشكل الذي نحن عليه الآن، أو ربما أفضل منه، ولكن من دون الكربون. فنحن نتشبث بفكرة النمو الخضراء دربا للخروج من جميع المشكلات التي نواجهها.

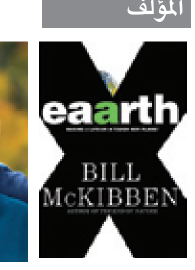
وللعلم به وتسجيله، إنني أدعم مشروع منهاتن الأخضر، باعتباره صفقة بيئية جديدة، وكذلك مهمة أبولو نحو تقانة نظيفة. فلو كان لدي مال لأعطيته إلى ‹آل گور› ليستثمره في الانطلاقات الجديدة. وهي الاستجابة الشرعية الواضحة التي يظهرها الأشخاص الجادون تجاه أكثر الأزمات التي واجهناها خطورة، ويبدو أن الأمر يحقق في الواقع بعض النجاح. ونحن فعلا بحاجة إلى تخفيض انبعاثات الكربون بنسبة 30% بحلول عام 2020، أو إلى إنتاج جميع ما نحتاج إليه من الطاقة الكهربائية من مصادر بديلة على مدى عقد من الزمن، أو تحقيق جميع الأهداف الأخرى التي قام الأشخاص الطيبون بوضعها. وتمثل هذه الأفعال بدقة الطريقة التي يجب أن يستجيب نظامنا وفقها. ولكني لا أعتقد أن ذلك سيحدث بسرعة تكفي لإحداث التغييرات اللازمة للمحافظة على الكوكب الذي اعتدنا العيش فيه. وإني لا أظن أن نموذج النمو أهلٌ للمواجهة، ولكني أظن أن النظام قد واجه صنوه.

وقد تبدو تلك النظرة المستقبلية قاتمة؛ ولكن يمكننا إيجاد طرائق مستدامة ونسبيا أظرف للعيش على الكوكب الجديد. ولهذا نحتاج أولا إلى أن نوطّن أنفسنا على صروف كوكبنا؛ ونحتاج إلى تخميد شعورنا الغريزي في أن المستقبل سيشبه الماضي؛ ونقلل من تفاؤلنا بأن المستقبل سيكون أسهل إطلاقا. «فالأريض» هي الآن كوكب قاس.

وأعتقد جازما أننا ندرك ذلك في قرارة أنفسنا. وأعتقد أننا قد شعرنا به حتى قبل أن يسدل علينا كساد ‹بوش› ظلاله. وقد تكون اللحظة الحاسمة قد تبينت للأمريكيين منذ أوائل عام 2008، أي قبل أن تبدأ البنوك الكبيرة بالتداعي والانهيار، حيث كان الاقتصاد ما زال يبدو مزدهرا ولكن تكلفة الگازولين ارتفعت بشدة إلى نحو 4 دولارات للگالون الواحد.

ولو كان للفكرة الأمريكية أمر **ثابت** constant واحد، لكان هذا الثابت هو **الحركة** motion. فقد وصلنا جميعا إلى هذه القارة من شطآن بعيدة واجتزنا القارات وبنينا الطرق السريعة واخترعنا جهاز تعيين المواضع GPS، الذي يخبرنا أننا قد أغفلنا عن الاستدارة عند المفترق الصحيح. فكل شيء كان يتحرك منذ البدء، وفجأة، ولأول مرة فعلا، بدأت هذه الحركة بالترنح ثم أخذت بالتباطؤ. وأخذ الأمريكيون شهرا بعد شهر

**المؤلف**




**Bill McKibben**

*‹ماك بين›: عالم مقيم في معهد ميدلبري وأحد مؤسسي مجموعة الضغط المناخي (350.org) وزميل في مؤسسة مابعد الكربون. وقد عمل سابقا كاتبا لمجلة نيويوركر وله عدد من الكتب المهمة في البيئة. وكتابه الأخير: الأريض، العيش على كوكب جديد صعب المراس، صَدَرَ في نهاية الشهر 2010/4.*

## حلول غذائية محلية(*)

في ربع القرن المنصرم، وعلى الرغم من الانتشار السريع الواسع النطاق للمزارع المعتمدة على الأعمال الزراعية التي تستخدم فيها المبيدات والمحاصيل المحورة وراثيا، فإن كمية القمح المتوفرة للفرد الواحد أخذت بالتناقص، وبدأ الأشخاص الجديون بالتفكير بتحقيق ما يسمى «زراعة ضيقة النطاق»، لإنتاج الكثير من الغذاء في مزارع صغيرة نسبيا حيث ينتفي أو يقل إلى درجة كبيرة استخدام الأسمدة الصنعية أو المواد الكيميائية.

وكثيرا ما كانت تحقق هذه الزراعة الجديدة أفضل النتائج عندما تُقرن المعرفة الحديثة بحكمة القدماء. وقد استطاع قن coop جديد للدجاج في بنگلاديش إنتاج ليس البيض واللحم فقط، وإنما استطاع أيضا جعل الفضلات طعاما تتغذى به أسماك بركة صغيرة وفرت بدورها آلاف الكيلوغرامات من البروتين سنويا ووفرت أيضا محصولا صحيا من **الزنابق** hyacinths المائية يُستخدم علفا لمجموعة صغيرة من الأبقار التي وفرت بدورها، عن طريق روثها، البيوغاز اللازم لإعداد الطعام.

وفي ملاوي تُنتج برك صغيرة جدا - تستعمل لتدوير فضلات كافة أرجاء المزرعة وتربى فيها الأسماك - ما متوسطه نحو 1500 كيلوغرام من السمك. وتوصل مزارعو الأرز في مدغشقر الذين يعملون بمساعدة خبراء أوروبيين إلى طرائق لزيادة المحصول. حيث عمدوا إلى غرس الشتول أبكر بعدة أسابيع من العادة، وزادوا المسافات فيما بينها ولم يغرقوا الأرض المزروعة أثناء معظم موسم النمو. وكان عليهم تبعا لذلك أن يعشبوا مددا أطول، ولكنهم ضاعفوا بذلك إنتاجهم من خمسة إلى ستة أضعاف. وقد قُدر عدد المزارعين الذين تبنوا هذا النظام كاملا بنحو 000 20 مزارع.

وساعد <B. جونسون> في كرافتزبري/ڤيرمونت، على نشر الزراعة الرائدة على مدار العام. فبنى **دفيئات** greenhouses شمسية وأوجد طريقة لتحريكها على سكة مناسبة. فأصبح بمقدوره تغطية وكشف الحقول المختلفة وزراعة الخضراوات مدة عشرة أشهر في السنة دون استعمال أي وقود أحفوري، مما سمح له بإدارة مزرعته المدعومة مجتمعيا باستمرار.

وأنا لا أروج للغذاء المحلي لكونه ذا مذاق أطيب أو لأنه أفضل للصحة، ولكن لأنه لاخيار لنا غيره. فنحن، في عالم أكثر عرضة للجفاف والفيضانات، بحاجة إلى المرونة التي تتأتى من زراعة عشرات المحاصيل المختلفة في حقل واحد، وليس زراعة حقول شاسعة من الذرة أو فول الصويا. وفي عالم تساعد سخونته المتزايدة على انتشار الحشرات بفعالية أكبر، فنحن بحاجة إلى القدرة على المقاومة التي يمتلكها الكثير من الأصناف والأجناس المحلية. وكذلك نحتاج، في عالم يتناقص نفطه، إلى نوع من المزارع الصغيرة المختلطة تستطيع توفير السماد الذي تحتاجه وبناء التربة الخاصة بها.



بيت زجاجي متنقل يسمح لمزرعة في قرية كرافتزبري بإنتاج الخضراوات على امتداد عشرة أشهر في السنة في ڤيرمونت الباردة جدا.

بتقليل المسافات التي يقطعونها بسياراتهم. ولم يعد بمقدورك بيع بيتك القديم – بل ولم يعد بمقدورك حقيقةً بيع حاسوبك القديم.

وعندئذ بدأ أمر غريب بالحدوث. فقد أدى ارتفاع أسعار النفط إلى تراجع الرغبة في الشحن من مسافات بعيدة. فبحلول الشهر 2010/5 ارتفعت تكلفة نقل حاوية شحن واحدة من شنگهاي إلى الولايات المتحدة، إلى نحو 8000 دولار أمريكي مقارنة بنحو 3000 دولار أمريكي في أوائل هذا العقد. فأخذت الحجوم

(*) Local Food Solutions

## حلول طاقية محلية(*)

يجب أن يكون من الواضح أن الوقود الأحفوري يبدو وكأنه «أكبر من أن يفشل.» ولكن علينا في بضع سنوات قادمة أن نتحول إلى مصادر أخرى للطاقة. والأعمال المحلية والمتوزعة أفضل من المتركزة، على الأقل في عالم **شواشي** chaotic.

إن المهمة الأولى التي يجب أن توضع في قائمة مهام كل فرد، هي ترشيد الطاقة. وقد قدرت الشركة ماكنزي وكومباني أن التقانات المتوفرة في عام 2008 تستطيع تخفيض الطلب على الطاقة عالميا بنحو 20% في عام 2020. وقد يكون من الأفضل ماليا إنتاج الطاقة بالقرب من أماكن استعمالها، بسبب تكلفة التوصيل الكبيرة. وتنفق معظم المجتمعات نحو 10 في المئة من أموالها على الوقود، وتذهب جميع هذه الأموال تقريبا إلى المملكة العربية السعودية أو إلى إكسون Exxon. وقد بينت مؤسسة الاعتماد على الذات في عام 2008 أن نصف الولايات الأمريكية تستطيع تحقيق احتياجاتها الطاقية كاملة ضمن حدودها، كما يستطيع القسم الأعظم منها التوصل إلى تحقيق نسب كبيرة من الوفر. وتستطيع توربينات الرياح إضافة إلى معدات التسخين على السطوح توفير نحو 81 في المئة من الطاقة التي تحتاج إليها مدينة نيويورك مثلا ونحو ثلث الطاقة اللازمة لأوهايو.

فالطاقة المحلية ليست شعارا عاطفيا. فقد قام <T .B>. پيكنز> في العام 2009 بنزع القابس عن أكبر مزرعة رياح في العالم يزمع إقامتها في أرض تكساس الشبيهة بيد المقلاة لأن خطوط التوصيل كانت مرتفعة الثمن جدا. وبدلا من ذلك صمم سلسلة من المنشآت الأصغر القريبة من المدن الكبرى. وعلى الساحل الشرقي كانت الخطط لاتزال تتسارع لإنشاء سلسلة من مزارع الرياح الشاطئية. وقد أطلق المهندسون عليها اسم **الجيل الموزَّع** distributed generation حيث تنتج الطاقة في أماكن احتياجها بدلا من نقلها مسافات طويلة. ويزداد باستمرار عدد الشركات التي تقوم بإنشاء معامل **طاقة ميكروية** micropower لتخديم بناية أو مدينة جامعية، وسيصل ما تنتجه هذه المنشآت إلى نحو ثلث إنتاج الولايات المتحدة في عام 2008. وفي الصين تحديدا في ريزهاو، حيث بزغ تجمع سكاني حديث مشكلا مدينة تعداد سكانها نحو ثلاثة ملايين نسمة، بدأ عدد من المقاولين المحليين بوضع سخانات مائية شمسية على كل سطح وذلك في التسعينات، ولذلك نجد اليوم أن جميع منازل المدينة تسخن الماء بواسطة الشمس.

أما بالنسبة إلى نظامنا الغذائي، فإن التقدم سيكون أسرع إذا توقفت الحكومة عن دعم صناعة الوقود الأحفوري وقامت بدلا من ذلك بتفعيل سياسات مثل **تعْرفات التلقيم** feed-in tariffs التي تجبر الفعاليات التجارية على الشراء من الأشخاص المحليين بسعر معقول. وهذا ما فعله الألمان فكانت النتيجة أن الأمة تفتخر بنحو 1.3 مليون **لوحة قلطية ضوئية** (**قلطضوئية**) photovoltaic panels، وذلك أكثر مما هو موجود في أي بلد آخر في العالم.



سخانات ماء شمسية مركبة فوق آلاف سطوح المنازل في ريزهاو، بالصين، تخفض الطلب على الطاقة لتسخين المياه.

المشحونة بالتناقص - وقامت إيكيا بفتح مصنع لها في ڤرجينيا، وليس في الصين. وفي هذا الصدد، يقول <M. ستانلي> [وهو استراتيجي في النقد]: «إن الثمار الدانية قطافها للعولمة قد قطفت وانتهت». ويعلن <J. روبن> [وهو محلل لدى الأسواق العالمية CIBC في تورنتو] أن «العولمة **عكوسة** reversible». وبالفعل، يتابع <روبن>، «فقد أعلنت شركة صناعة الفولاذ ميدوست وجود دفق هائل من الطلب على إنتاجها سببه تكاليف النقل الكبيرة العائدة بدايةً

(*) Local Energy Solutions

**إن التعقد complexity هو موطن ضعفنا، فعندما تؤدي رهون عقارية أجريت من دون تبصّر في نيڤادا إلى إغلاق آلاف المصانع في الصين، نكون قد تركنا نُظمنا تتضفر أكثر مما يجب.**

إلى استيراد الحديد من الصين، ومن ثم تصدير الفولاذ بشكله النهائي إلى ماوراء البحار. وقد أصبحت هذه التكاليف أكبر من الوفر الذي كان يحصل نتيجة انخفاض أجرة الأيدي العاملة، وفجأة أصبح الفولاذ الصيني غير قادر على المنافسة في أسواق الولايات المتحدة.» وكذلك عندما ارتفعت أسعار النفط وارتفع معها الطلب على الإيثانول ارتفعت أسعار الأغذية ارتفاعا كبيرا – وفجأة بدأت الدول بالإقرار بأن التجارة الحرة لم تكن بالوضوح الذي كانوا يصرون عليه.

قد يكون من المحتمل أنه عندما شَهِدنا ذروة النفط، شهدنا أيضا ذروة النمو الاقتصادي – إذ ذاك أدركنا أنه ليس بمقدورنا جعل النظام يكبر أكثر. فقد ارتفعت تكاليف التأمين وارتفعت أسعار النفط وانغلق الاقتصاد وتبخر المال المخصص للاستثمار في الطاقة، وعندما بدأ الاقتصاد بالتسارع مرة أخرى ارتفعت أسعار النفط مجددا.

مـن كان يحلم بأن النمو يمكن أن يصل إلى نهاية؟ من كان فعلا يظن ذلك. لنعد إلى زمن مختلف جدا، إلى الزمن الذي كان فيه ‹ليندون جونسون› رئيسا للولايات المتحدة، وإلى الربيع الذي اغتيل فيه ‹مارتن لوثر كينگ›، حينئذ اجتمعت فئة صغيرة من الصناعيين والعلماء الأوروبيين في العاصمة الإيطالية روما، واقترحت هذه الفئة، التي سمت نفسها – نادي روما Club of Rome – اختبار توجهات عالمية مترابطة، وكلفوا فريقا من **محللي النظم** systems analysts الشباب في المعهد MIT بإعداد تقرير بنتيجة ذلك الاختبار.

وبانتهاء الفريق المكلف من عمله وإصداره كتابه بعنوان ***حدود النمو*** *The Limits to Growth*، في عام 1972، عُقد **يوم الأرض** Earth Day الأول وأنشأ الرئيس ‹ريتشارد نيكسون› **وكالة حماية البيئة**[1]. وكانت هناك عدة أحداث أكثر أهمية في التاريخ البيئي من ذلك الكتاب الهزيل الذي جرت ترجمته إلى ثلاثين لغة وبيع منه نحو ثلاثين مليون نسخة. وقد استنتج الفريق القليل العدد من الباحثين أمورا ثلاثة:

1. إذا استمرت اتجاهات النمو في العالم من حيث السكان والصناعة والتلوث وإنتاج الغذاء واستنفاد الموارد كما هي عليه دون تغيير، فإننا سنصل إلى حدود النمو على هذا الكوكب في المئة سنة القادمة.
2. يمكن تغيير اتجاهات النمو هذه وتأسيس ظروف استقرار بيئية واقتصادية قابلة للديمومة في المستقبل. ويمكن تصميم حالة التوازن العالمي بحيث تكون الحاجات المادية الأساسية لكل شخص على الأرض ملباة، ويمتلك كل شخص فرصا متساوية لتحقيق إمكاناته أو إمكاناتها الإنسانية الفردية.
3. فإذا قرر سكان العالم أن يسعوا جاهدين إلى تحقيق هذه النتيجة الثانية بدلا من الأولى، فبقدر ما يسرعون في البدء بالعمل للوصول إلى الهدف بقدر ما تزداد فرص نجاحهم.

إن المدهش في استعادة أحداث الماضي هو المدى الذي نقترب فيه من الإصغاء إلى رسائل الأسلاف. فقد سعى الناس في جميع أنحاء العالم إلى معرفة كيف يمكن إبطاء النمو السكاني. وتبين أن تثقيف النساء يمثل الاستراتيجية الأفضل، فرأينا كيف أن الأمهات اقتنعن في وقت قصير بالاكتفاء بما يقل عن ثلاثة أولاد عوضا عن ستة في المتوسط. وقد استرعى انتباهنا ما يلي: هذه

(1) the Environment Protection Agency

سـنوات أول أزمة نفطية، وأول تسرب نفطي كبير من ناقلاتــه العملاقة، وأول مواصفات اقتصادية للســيارات. هذه كانت السنوات التي شــهدت تبني وضع حد للسرعة هو 55 ميلا في الساعة – فقمنا بإبطاء حراكنا في سبيل الترشيد. وفي أواخر سبعينات القرن العشــرين، كان عدد الأمريكيين المعارضين لاســتمرار النمــو الاقتصــادي أكبــر من الموافقين عليه، الأمر الذي يبدو لنا مستحيلا اليوم. لقد توفرت لنا في الواقع ثغرة للعبور منها إلى مســار جديد مبتعدين عن الهاوية. ولكن لم نقم بذلك طبعا.

لقد تبين أن نــادي روما لم يكن مخطئا، إنما اســتبق الأحــداث. إذ بإمكاننا تجاهل المشــكلات البيئية مددا طويلة، ولكن عندما تلحق بنا تكون ســريعة جــدا. فنحن ننمو ونكبــر، وفجــأة ينفـــد النفط ويــذوب الجليد القطبي.

لقد أطلت في تمحيص هذه النقطة؛ وذلك لأن كل قــوة من قــوى مجتمعنا تدربت على الرغبة في المزيد من النمو. ولكن لانســتطيع النمو، فهناك الكثير من المصادمات. إننا في كوكب عسير.

ولكــن ثمة فرصة أخــرى. وكمثل التائه في غابة، يتعين علينا أن نتوقف عن الجري، ونجلــس، ونتفقد ما فــي جيوبنا من أدوات يمكــن اســتخدامها، ونبــدأ بالتفكيــر في الخطوات التي يجب اتخاذها.

الخطوة الأولى: الطبيعة. لقد قضينا 200 سنة متشــبثين بالنمو، وقد عاد علينا ببعض الفوائد، وألحق بنا بعض الضرر، ولكن مما لاشك فيه أنه تغلغل عميقا في نفوسنا وأبقانا في مراهقة دائمة. وكان قول كل سياسي عاش المرحلــة يقول: «إن أيامنــا الأفضل هي تلك القادمة». ولكنها ليســت كذلك، ليس بالمعنى الــذي نعرفه لكلمة «أفضل». وهذا الواقع هو ما ســيحدث يوما ما فــي أي كوكب محدود الموارد. إنه الحظ فقــط هو الذي لعب دوره، فتوقفت الموســيقى ونحن لانزال واقفين على الأرض. فــإذا كان عام 2008 هو العام الذي يتوقف فيه النمو – أو ربما ســيكون 2011 أو 2014 أو 2024 – فليــس ذلك ســوى **فرجات** breaks. علينا أن نبصر بوضوح، دون أوهام أو أحلام وردية أو سلوكيات مثيرة.

الخطوة الثانية: نحن بحاجة إلى معرفة ما يجب أن نتخلى عنه من العادات. ولدينا الكثير من هذه العــادات، فمثلا، يجب أن نهجر الأســلوب الاستهلاكي في المعيشة. لكــن البند الكبير في قائمــة تلك العادات، يزداد وضوحا. إنــه **التعقّد** *complexity* الــذي يعد الســمة المميــزة للعصر الذي نعيــش فيه. ولكن هذا التعقــد يعتمد على الوقود الأحفوري الرخيص والمناخ المستقر اللذيــن أديا إلى فائض هائــل من الغذاء. فالتعقد هو مجدنا، ولكنه في الوقت نفســه هو موطن ضعفنا. فعندما بدأنا بالشــعور بوطــأة ارتفــاع أســعار النفــط ومن ثم انســحاق الأرصدة الدائنــة في عام 2008 تبين أننا قد ربطنــا الأمور ببعضها بكثير مــن المتانة، بحيث أدى فشــل بســيط في أحد المواقــع إلى إحداث اهتزاز في جميع أرجاء النظام. فإذا كان قرار أمريكا الغبي، بتخصيص جزء مــن محصول الذرة فيها لإنتاج الإيثانول، يساعد على إخماد ثورات الجوع في 37 بلدا، أو إذا كانت سلسلة من رهانات قصيرة النظر في القروض العقارية فــي نيڤادا يمكن أن تؤدي إلى إغلاق آلاف المصانع في الصــين، عندئذ ندرك أننا قد ســمحنا لنظمنا **بالتضفر** intertwine أكثر مما يجب. وإذا أمكن لعاداتنا الســيئة في قيادة الســيارات أن تؤدي إلى ذوبان قمة الجليد القطبي فإننا نستحق ذلك.

لقــد حوّلنا كوكبنــا الظريف إلى **أريض** Eaarth، لا يتصــف بالدرجــة نفســها مــن الظرافة. إننا نتحرك سريعا من عالم نضغط فيه على الطبيعة في كل اتجاه إلى عالم تقوم فيــه الطبيعة برد فعل هــذا الضغط – ولكن بقــوة أكبر بكثير. ولما كان مــازال علينا أن نعيــش في هذا العالم، فمن الأفضل أن نبدأ بالتفكير كيف الخروج من هذا المأزق. ■


مراجع للاستزادة

**Limits to Growth: The 30-Year Update.** Donella H. Meadows et al. Chelsea Green, 2004.

**Economics in a Full World.** Herman E. Daly in *Scientific American*, Vol. 293, No. 3, pages 100–107; September 2005.

**Global Footprint Network** data on resource consumption: **www.footprintnetwork.org**

*ساينتفيك أمريكان* تتحدى <B. ماك كيبن>:

# هل من الضروري حقا أن يكون النمو صفريا؟(*)

ظلت المجتمعات تعتمد على الاكتفاء الذاتي المحلي إلى أن أطلت عليها الثورة الصناعية، فبدأ زحف عنيد باتجاه الاقتصادات المتركزة الأضخم. ويقول <B. ماك كيبن> في كتابه ***Eaarth*: *تأسيس حياة على كوكب جديد صعب***[١]، إن نموا لا يستكين يدمر العالم، لذلك يجب أن يكون التوجه الجديد للمجتمعات نحو المحافظة على الثروة والموارد عوضا عن التوسع، وإلا لاقت هذه المجتمعات حتفها. وفيما يلي يقوم <M. فيشيتي> [عضو هيئة التحرير في مجلة *ساينتفيك أمريكان* (*SA*)] بتوجيه بعض الأسئلة إلى <B. ماك كيبن> عن أهم القضايا التي يؤكد عليها الكاتب.

***ساينتفيك أمريكان* (*SA*):** توضح رسالتك الأساسية أن على البشر التخلي عن اتخاذ النمو **طريقة عمل**[٢]. لماذا لا يمكننا أن ننمو بعقلانية أكثر؟

***ماك كيبن>*:** بالتأكيد يمكننا إنجاز الأمور بكفاءة أكثر، وعلينا أن نفعل ذلك لكنه غير كاف. فنحن أخيرا نصطدم بالحدود القصوى للنمو التي يتحدث عنها الناس منذ السبعينات، ونواجه تغيّرات بيئية صاعقة. وقلة من الناس تستوعب ما يجري.

***SA*: هل النمو الصفري zero growth تماما ضروري، أم يمكن لنمو «قليل جدا» أن يكون مستداما sustainable؟**

***ماك كيبن>*:** إنني لست **يوطوبيا**[٣] utopian، كما لا أمتلك مخططا يبين أين يجب أن يقف العالم، لأن تحليلي لا يتضمن رقما محددا. فأنا أهتم أكثر بالمسالك والدروب: ماذا يحدث إذا ابتعدنا عن النمو كحل لكل مشكلة تواجهنا، وسرنا في اتجاه مختلف تماما. لقد كنا منهمكين جدا في تجربة النمو، بحيث لم نحاول تجربة أي شيء آخر. ويمكننا قياس المجتمعات بوسائل أخرى، فبعض البلدان تستعمل الاكتفاء مقياسا. وإذا قمنا بقياس العالم بطرائق أخرى يصبح التراكم الفردي للثروة أقل أهمية.

***SA*:** جوهر الموضوع هنا هو أن النظم الكبيرة المتركزة و**السياقية**[٤] monolithic للزراعة والطاقة وغيرها من النظم التجارية هي التي تُسيِّر النمو. **فهل تعني أن الكِبر أمر سيئ؟**

***ماك كيبن>*:** نحن نبني الأشياء كبيرة لأنها تسمح بحدوث نمو أسرع. فالكفاءات كانت تقدر على أساس الحجم. وهذا ما لانحتاج إليه حاليا. فنحن لا نحتاج الآن إلى حصان سباق استولد خصيصا لكي يستطيع الجري بأقصى سرعة ممكنة، ولكن كاحله ينكسر حالما يصادف كتلة من العشب في مضمار السباق. فما نحتاج إليه هو حصان فلاحة

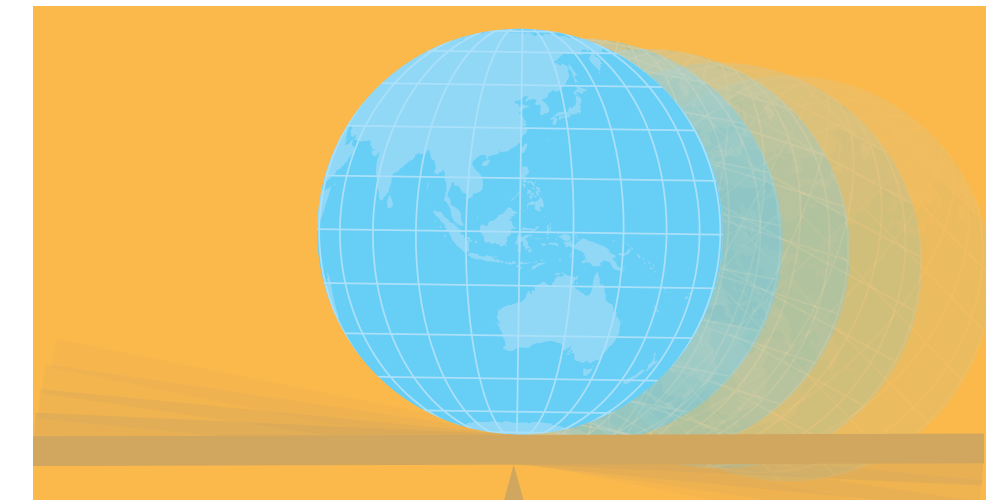
(*) IS ZERO GROWTH REALLY NECESSARY?

(١) *Eaarth: Making a Life on a Tough New Planet*. وضعت هذه الكلمة (الأريض) لتتلاءم مع التحريف البسيط *EAARTH* لكلمة *EARTH*. وقد أدخل مؤلف الكتاب هذا التحريف على اسم كتابه، لأنه يرى أن التغييرات الكبيرة التي طرأت على كوكبنا، لم تعد تسمح بأن نطلق عليه اسمه الأصلي *Earth*.

(٢) modus operandi

(٣) utopian: مُنادٍ متحمس بإصلاحات غير عملية.

(٤) monolithic: علَى سياق واحد.



قادر على التحمل. **فالتحملية** durability يجب أن تكون هدفنا وليس التوسع.

*SA*: **هل الحجم فقط هو المتهم أم هو التعقيد الذي ينتج منه؟** فأنت تقول، ليس فقط البنوك بل هناك صناعات أساسية أخرى **أكبر من أن تفشل**[1]. فهل يجب أن نحل مثل هذه المؤسسات أو نقسمها بطريقة ما؟

*هاك كيبن*: إن النظام المالي والنظام الطاقي والنظام الزراعي تشترك في العديد من أوجه التشابه: ففيها عدد صغير جدا من اللاعبين الذين يشكلون نسيجا متماسكا بشكل لايصدق. وتحصل في كل حالة منها تأثيرات متسلسلة إذا حدث خطأ ما؛ فيمكن لقصعة من فطيرة دجاج أن تنشر التسمم الغذائي في 48 ولاية. إن منزلي يعمل على الطاقة الشمسية، فإذا فشل جهازي تصبح لدي مشكلة، ولكن ذلك لا يؤدي بأي حال إلى توقف شبكة الطاقة في شرق الولايات المتحدة.

*SA*: إذن، إنك تؤيد العودة إلى الاعتماد على ما هو محلي، ولكن منذ أن نَشر <E. F. شوماكر> كتابه في عام 1973 بعنوان: «*كل صغير جميل*» والمؤيدون لهذه الأفكار يحاولون إنشاء نظم طاقة وغذاء محلية في جميع أنحاء العالم، ومع ذلك مازالت المعاناة قائمة. **فإلى أي حدٍّ يجب أن يكون «المحلي» صغيرا؟**

*هاك كيبن*: سنتوصل إلى معرفة الحجم. فقد يكون مدينة أو منطقة أو ولاية. ولكن لكي نحصل على الجواب علينا أولا إخراج الإعانات الحكومية المشوهة للغاية من نظمنا الحالية. فهم يثيرون جميع الإشارات السيئة عن كل ما يجب فعله. ففي قطاع الطاقة تكلَّمنا بما يكفي عن أضرار استعمال الوقود الأحفوري، في حين أنه أكثر ضررا في الزراعة. فإذا ما تلاشت الإعانات الحكومية، نستطيع التوصل إلى معرفة الحجم المعقول الذي يجب أن يعتمد في الصناعة.

*SA*: **أوليست المنتجات المحلية أكثر تكلفة؟**

*هاك كيبن*: سيوجد الكثير من المزارع، وقد تكون أكثر اعتمادا على الأيدي العاملة، ولكن ذلك سيؤدي إلى خلق المزيد من فرص العمل وسيوفر للمزارعين عائدات أكبر. ومن الناحية الاقتصادية، فإن المزارع المحلية تلغي دور الكثير من الوسطاء، ولذلك فإن **شراء الخضار من المزارع** (CSA)[2] (الزراعة الداعمة) هو أرخص طريقة للحصول على المواد الغذائية. وقد يبقى اللحم أكثر تكلفة؛ ولكن بصراحة، إن تناول كمية أقل من اللحم ليس نهاية العالم. وإن أفضل ما يحويه كتابي من أنباء هو قدرة أفكاري على الانتشار؛ ففي الأعوام القليلة الماضية، كانت التقنيات الزراعية المحدودة هي الأكثر قبولا لدى مختلف الخبراء التقنيين المهرة في جميع أنحاء العالم النامي.

*SA*: **يبدو كأن المفتاح لزراعة محلية ناجحة هو تعليم الناس كيف يزيدون المحاصيل دون استعمال المزيد من الأسمدة ....**

*هاك كيبن*: هذا صحيح، ويعتمد على المكان الذي توجد فيه. فلن نجد نظاما واحدا ينتشر في العالم كله بالطريقة التي حاولنا بها نشر الزراعة القائمة على التصنيع والأسمدة الاصطناعية. إن الحلول أكثر ذكاء من ذلك، فبدلا من نشر المواد الكيميائية التي تخلق جميع أنواع المشكلات، نقوم بإيجاد طرائق بديلة وندرس كيفية نشرها.

*SA*: **حسنا، حتى وإن كانت الزراعة المحلية مجدية، كيف يدعم ذلك الاستدامة بدلا من النمو؟**

*هاك كيبن*: قد يكون أكثر الأمور التي

(١) too big to fail
(٢) community - supported agriculture

نملكهـا نفعا من أجل اسـتقرار على المدى البعيد، وبخاصة في حقبة تتميز بالاضطراب البيئي، هـو الترب الجيدة – ترب تسـمح بزراعة كميـة جيدة من الغذاء، وتسـتطيع امتصاص كميات كبيرة من الماء لأن كميات الأمطـار آخـذة بالازدياد، ترب تسـتطيع الاحتفاظ بهذا الماء الفائض لاسـتعماله في فترات الجفاف الطويلة التي أصبحت اليوم كثيرة التكرار. فالتربة الجيدة هي بالتحديد مـا تنشـئه الزراعة المحلية الأقـل تعرضا للتأثيـرات والأقل تطلبـا للمدخلات، وهي بالتحديد ما تدمره الزراعة الصناعية.

**SA:** يبـدو الاتكال علـى الفعاليات المحلية جذابا، لكـن هل يمكن لدول مثـل الولايات المتحـدة التخلص من الديون الهائلة دون أن تنمو؟ تقـول وزارة المالية الأمريكية إن الحل الوحيد غير المؤلم هو النمو. **فهل نحتاج إلى مدة انتقالية لكي يمحي النمو الدَّين، ومن ثم نتوجه إلى الاستدامة؟**

**هـاك كيـبن>:** حسـنا، إن عبـارة «غيـر المؤلـم» تعني في الواقـع تأخير الألم. فكما تعلـم «ادفع لي اليوم أو ادفع لي فيما بعد»، فالسؤال السياسـي الأول هو: هل نستطيع إحداث التغيير بسـرعة تكفي لتجنب جميع الانهيارات الخارجية الممكنة وحتى المحتملة؟ وكيف نحرك هذه المراحل الانتقالية بسـرعة أكبر من السرعة التي تريد أن تتحرك بها؟

**SA: مـا هـي أكثـر الإجـراءات أهميـة لتطبيقها أولا؟**

**هـاك كيـبن>:** تغييـر سـعر الطاقة بحيث يعكـس الضرر الـذي ألحقتـه بالبيئة. فإذا انعكسـت تكلفة الأضرار على سـعر الوقود الأحفـوري، فقد نشـهد حدوث هـذه النظم الجديـدة والانتقالات بسـرعة أكبـر بكثير. فوضع ضريبة على الكربـون المنبعث بحيث يرتفع سعره أمر لابد منه لتحقيق أي إنجاز.




<B. ماك كيبن> يحشد أنصاره في التايمز سكوير بمدينة نيويورك في اليوم العالمي للمناخ في 2009/10/24، وهو حدث من 5200 حدث نظمتها مجموعته 350.org في 181 بلدا.

**SA: ولكن رفع سـعر الكربون أمر عسـير التسويق ....**

**هـاك كيـبن>:** لا توجد طريق سهلة للخروج من هذه الورطة التي نحن فيها، ولكن العالَم الذي نحن بصدد تكوينه يمتلك قدرات شفائية تشمل شـعورا أقوى بالانتماء إلى المجتمع وارتباطا أوثق بالآخرين... وبالعالم الطبيعي. لقد واظبنا مدة طويلة على مقايضة المجتمع بالاسـتهلاك. فمنذ الحرب العالميـة الثانية ركـزت الولايات المتحدة على بناء بيوت أكبر وتتباعد عن بعضها مسافات أطول، مما أدى إلى تدمير الحيـاة الاجتماعية. ولذلك ليس لدى الأمريكي المتوسـط اليوم من الأصدقاء المقربين سوى نصف عدد ما كان لدى الفرد قبل 50 سـنة. وهكذا، ليـس من العجيب أن نكـون بمختلـف المقاييس أقل سـعادة في حياتنا مع أن مسـتوى المعيشة قد تضاعف ثـلاث مرات. وهذا الأمـر يجعل من الممكن تصور نوع التغييـر الذي نحن بحاجة إليه. فالتخلي عن النمو لصالح الديمومة ليس كله خسارة. ستلحق بنا بعض الخسارة ولكننا سنحقق بعض الربح أيضا. ■

SCI AM وللمزيد عن هذه المقالة:
www.ScientificAmerican.com/mckibbenQA

*Scientific American*, April 2010

تتمة الصفحة 9 (بزوغ الإنسالات العالمات)

فجميع المعارف العلميــة هي في واقع الأمر غير نهائية. على أن مــن غير المحتمــل كذلك أن يكون جميع مـــا توصلت إليه الإنســـالة من نتائج خاطئا. وقد مضت اليوم ســـنتان ونتائج الإنسالة آدم بين أيدي الباحثين من القطاع العام، من دون أن يشيرَ أحدٌ إلى وجود أيِّ خطأ فيها. ومبلغ علمي أن أحدا من العلماء - خارج فريق عملنا - لم يحاول حتى الآن استخراج نتائج الإنسالة آدم ثانية.

وثمة طريقةٌ أخـــرى لتقييم مدى كون آدم عالمة، وهي النظر في قابلية أســـلوب عملها في توليـــد فرضيات مبتكَرة من أجل التعميم. لقـــد بدأنا، منذ أن انطلقت الإنســـالة آدم في إجراء التجارب، بتطوير إنسالة ثانية هي «حواء» Eve. تطبِّق الإنسالة حواء دورات البحث المؤتمتة نفسها لاختبار العقاقير وصنعها، وهو مطلبٌ طبيٌّ وتجاريٌّ على جانب كبير من الأهمية. وتوخَّينا أن نوظِّف الـــدروسَ التي تعلَّمناها من تصميم الإنســـالة آدم في جعـــل حواء منظومة أكثر تناســـقا وجاذبية من ســـابقتها. ويتركـــز البحث الذي تقوم به الإنســـالة حواء على الملاريا، والبلهارسيا، ومرض النوم، و**داء شـاگاس** Chagas disease. ومازلنـــا نطوِّر برمجيات حواء، غير أن الإنسالة حواء ســـبق أن اكتشفت مركبات مثيرة يبدو أنها واعدة في مكافحة فعالة للملاريا.

شاهد فيديو آدم وحواء على الرابط
ScientificAmerican.com/jan2011/king

هذا ويطبِّق بعـــضُ الباحثين مقاربات مشـــابهة لمقاربات الإنســـالة آدم. فالباحث <H. ليبســـون> [من جامعة كورنيل] يطبق اختبارات مؤتمتة لتحســـين تصميم الإنسالية المتحركة، ولفهم النُّظُـــم الديناميكية. وهناك باحثـــون آخرون يحاولون تطوير إنسالات عالمة في الكيمياء والبيولوجيا والهندسة.

في حين تبحث مجموعـــات، ومنها مجموعتنا، في طرائق أتمتة أبحاث **الفيزيـــاء الكموميـــة** quantum physics، وبوجه خـــاص كيفية التحكم في العمليـــات الكمومية. فمثلا، يدرس <H. A. رابيتز> [من جامعة برنســـتون] طرق استخدام ليزرات **الفيمتوثانيـــة**(1) ($10^{-15}$) للوقوف علـــى طرائق لتأليف أو حلِّ روابط كيميائية مســـتهدفة. ويتمثل التحدي القائم هنا بكيفية صوغ تجارب ذكية بسرعة.

## شركاء بشر(*)

إذا قبلنا بفكرة إمكان أن تكون الإنسالات عالمات، فقد نرغب في معرفة محدودياتها. ولعلَّ من المفيد مقارنة أتمتة العلم بأتمتة الشـــطرنج. فأتمتة الشطرنج في جوهرها مســـألةٌ محلولة، إذ إن الحواسيب تلعب الشـــطرنج بمهارة توازي أو تفوق أفضل اللاعبـــين من بني البشـــر، كما تؤدي نقلات أخَّاذة. وســـيطرة الحاســـوب في هذا المجال ممكنة، لأن الشـــطرنج عالمٌ مجرَّدٌ ومحدود بـ 64 مربعا و 32 قطعة. ويدخل العلمُ في شـــطر كبير من عالَم الشطرنج المجرَّد، ولكن أتمتة العلم ستكون أصعب لأن مكان إجراء التجربة هو العالَم المادي. على أنني، مع ذلك، أتوقع أن تطوير إنسالات عالِمات قادرات على أداء مهمات علمية رفيعة المســـتوى، ربما يكون أســـهل من تطوير نُظُـــم للذكاء الصنعي قادرة على التآثر اجتماعيّا مع البشـــر. ففي العلم، بإمكانك أن تفتـــرض - وأنت مطمئن - أن العالَم المادي لن يحاول خداعك، على حين أن هذا ليس صحيحا في المجتمع.

إن أبـــرع لاعبي الشـــطرنج من بني البشـــر وأرســـخهم قدما يســـتعملون اليوم الحواســـيب للارتقاء بمستوياتهم في الشـــطرنج - من جهة تحليـــل وضعيات اللعـــب والتحضير لهجمـــات جديدة. وبالمثـــل، فإن العمل المشـــترك بين العلماء البشر والإنســـالات العالمات، مع تباين نقاط القوة والضعف بينهمـــا، يمكـــن أن يحقِّق إنجـــازات أكثر مما قد يســـتطيع أحدهما تحقيقه. وإن التقدُّم الحاصل في عتاديات الحاســـوب ونُظُم الذكاء الصنعي سيقود لا محالة إلى إنسالات عالمات أكثر ذكاء.

والسؤال الأساسي المتعلق بمستقبل العلم هو: هل ستكون هـــذه المبتكرات قـــادرة دوما على إحداث اســـتبصارات من شأنها أن تغيِّر طرائق التفكير، أم إنها ستبقى مقتصرة على التحرِّيـــات العلمية الروتينية؟ يرى بعضُ العلماء الأعلام، من أمثال <P. أندرســـون> [الحائز على جائزة نوبل في الفيزياء] أن العلـــم الذي يغيِّر طريقـــة التفكير هو من العمق بحيث قد يستعصي على الأتمتة الوصول إليه. لكن <F. ويلكزك> [وهو حائزٌ أيضا على جائزة نوبل في الفيزياء] يرى أنه في غضون مئة عام ســـتكون الآلة هي أفضل علماء الفيزياء. ولســـوف تكشف قادمات الأيام أيهما كان على صواب.

ومهما يكن الرأي، فإنني أرى مســـتقبلا تتضافر فيه جهودُ العلماء البشر والإنسالات العالمات، وستوصَّف المعرفة العلمية باستعمال المنطق، وتنتشر آنيّا باستخدام **الوب** Web. وستؤدي الإنسالات تدريجيّا دورا متعاظما باطِّراد في تقدُّم العلْم. ■

(*) HUMAN PARTNERS
(1) femtosecond

مراجع للاستزادة


**Computing Machinery and Intelligence.** A. M. Turing in *Mind*, Vol. LIX, No. 236, pages 433-460; October 1950. **http://loebner.net/Prizef/TuringArticle.html**

**How DENDRAL Was Conceived and Born.** Joshua Lederberg. ACM Symposium on the History of Medical Informatics, National Library of Medicine, November 5, 1987. **http://profiles.nlm.nih.gov/BB/A/L/Y/P/_/bbalyp.pdf**

**An Introduction to the Philosophy of Science.** Rudolf Carnap. Edited by Martin Gardner. Dover, 1995.

**The Chemistry of Life.** Fourth edition. Steven Rose. Penguin, 1999.

**The Automation of Science.** Ross D. King et al. in *Science*, Vol. 324, pages 85-89; April 3, 2009.


*Scientific American*, January 2011

## كيف تبحر الأسماك عائدة لتتزاوج في المجرى المائي نفسه الذي نشأت فيه؟

***يجيب عن هذا السؤال <M. ماكفي> [أستاذ مساعد وباحث في محطة بحيرة فلات هد البيولوجية بجامعة مونتانا]:***

تمثل أسماك السالمون هذا السلوك خير تمثيل، حيث إنها تجمع بين الإبحار التقليدي في خضم الماء المفتوح، وحاسة شم مرهفة تمكنها من الاهتداء إلى طريقها. فهذه الأسماك تهاجر إلى البحر لتتغذى بضع سنوات قبل أن تقفل راجعة لتتزاوج في المجرى المائي نفسه، وأحيانا في المنطقة نفسها التي خرجت فيها من البيض. وقد تستخدم بعض الأنواع الأخرى العائدة إلى أوطانها آليات مماثلة، ولكن قليلا منها ما يستطيع مجاراة السالمون في هذه الدقة البالغة.

أما كيف تعود أسماك السالمون إلى منطقة الخط الساحلي الصحيح، فهذا أمر غير مفهوم تماما بعد. ويبدو أنها تستخدم أسلوبا من الإبحار «خريطة وبوصلة» يعتمد على معلومات مستمدة من حزمة من الدّالات البيئية، تتضمن: طول النهار، وموضع الشمس واستقطاب أشعتها الناتج من زاويتها في السماء، والمجال المغنطيسي للأرض، و**تدرجات (ممالات)** gradients مُلوحة الماء ودرجة حرارته. ومهما تكن الآلية النوعية، فباقتراب موعد التزاوج، يَظهر – على ما يبدو – عند السالمون ميل غريزي موروث لتولي وجهتها نحو منطقة الخط الساحلي الذي يصب عنده المجرى المائي الذي نشأت فيه.

بيد أننا نعرف، على نحو أكثر تفصيلا، كيف تبحر أسماك السالمون بعد اهتدائها إلى مصب النهر بالذات. فما إن تبلغ الأسماك الماء العذب، فإنها تهتدي أساسا بحاسة شمها إلى الرافد النهري الصحيح. وقد أظهرت سلسلة من التجارب بدأت في خمسينات القرن العشرين، أن صغار السالمون تصبح حسّاسة بخاصة للروائح الكيميائية الفريدة لموطن نشأتها وذلك عندما تقوى على **الارتحال من الماء العذب إلى البحر** the smolt stage. فالروائح التي تستقبلها الأفراخ في أثناء ذلك الوقت الذي تبلغ فيه ذروة حساسيتها، تُختزن في أدمغتها وتصبح دالّات تعرُّف للاتجاه لها أهميتها بعد سنين، عندما تحاول الأفراد البالغة العودة إلى أوطانها من الجداول المائية.

وفي إحدى التجارب الباكرة، رُبيت أسماك السالمون في مجرى مائي، ثم نقلت إلى **مفرخة** hatchery وهي في **الطور الذي تقوى فيه على الارتحال من الماء العذب** smalt stage فعادت تلك الأسماك بعد رحلة هجرتها إلى المفرخة، دالة بهذا على الأهمية الحاسمة لما ينطبع في ذاكرة السمكة في أثناء تلك التحولات في حياتها. وفي دراسة أخرى أحدث عهدا، أشارت النتائج إلى أن صغار السالمون قد تمر خلال بضع فترات من **النقش**[1] imprinting، ومنها فترة فقس البيض وفترة خروج الصغار من عِشاشها بين الحصى.

وتعدد المراحل هذا فكرة معقولة، لأن كثيرا من أسماك السالمون الوحشية (أي غير المرباة صنعيا) تمضي أكثر من عام في الماء العذب منتقلة مسافات غير قصيرة خلال مجموعة معقدة من المعالم المحيطة حتى تبلغ طور الارتحال من الماء العذب إلى البحر. وعلى النقيض من ذلك، فإن سالمون المفارخ المصطنعة تنتقش ذاكرتها ببيئة أبسط كثيرا؛ وهذا قد يعيننا على أن نفسر لماذا تضل طريقها (أي تعود إلى «المجرى المائي» الخطأ) أكثر مما قد يحدث للأسماك الوحشية.

## لماذا تصبح أجفاننا ثقيلة جدا عندما نكون متعبين؟

***يجيب عن هذا السؤال <M. أندروز> [أستاذ علم وظائف الأعضاء ومدير طرق الدراسات المستقلة بكلية Lake Erie لطب تقويم العظام]:***

بشكل عام، إن تثاقل العضلات المحيطة بالعينين، بما فيها العضلات الرافعة التي تفتح الأجفان العلوية، يشبه حالة إعياء أي عضلة في الجسم. فالعضلات العينية وعضلات الحاجبين بشكل خاص عرضة للإعياء، لأنها تكون فعالة خلال معظم ساعات الصحو (اليقظة). ويتزايد هذا التثاقل تدريجيا بسبب الاستعمال المديد مع تقدم ساعات اليوم، كما يحصل لعضلات أذرعنا وأرجلنا.

يحتمل أن يكون مثل هذا الشعور أحد أعراض الإعياء العام، بما فيها حالات قلة النوم، أو عند الإفراط في استعمال عضلة معينة، كالتحديق طويلا في شاشة الحاسوب. كما أن وجود الجلد الزائد، أو تدلي الوسادة الشحمية تحت العينين يجعل الفرد أكثر عرضة لهذا الشعور. وإن الحساسية المزمنة، والتهابات الجيوب يفاقم أيضا الإحساس بالثقل، كما أن التعرض لأشعة الشمس يسبب انتفاخ الأجفان، ومن ثم يزيد من احتمال تهدلها مما يؤثر أو يشوش الرؤية.

ومع أن تثاقل الأجفان لا يُصنف كحالة مرضية خفية، فإن بعض الحالات قد تؤدي إلى انسدال الأجفان (الإطراق). إن الشذوذات (الأمراض) العضلية مثل الوهن العضلي الوخيم أو الحثل العضلي، يمكن أن تصيب العضلات الوجهية أو الأعصاب التي تُعصبها مؤدية إلى انسدال الأجفان، وهذا يمكن أن يحدث أيضا في بعض جراحات الوجه، أو بعض المداخلات كحقن المواد **كالبوتوكس** Botox في الحاجبين.

ألديك سؤال علمي؟... أرسله إلى: experts@SciAm.com أو إلى: www.SciAm.com/asktheexperts.

(1) «النقش» المصطلح العربي المقابل لمصطلح imprinting، الذي يدل على رسوخ الذكريات الباكرة في حياة الحيوان. وهو يشير إلى المقولة: «التعليم في الصغر كالنقش في الحجر»، للدلالة على ثباته في الذاكرة.

Majallat AlOloom March / April - 2011 Volume 27 Number 3/4 SCIENTIFIC AMERICAN

## Letters to the Editor

Scientific American
75 Varick Street, 9th Floor,
New York, NY 10013-1917
or editors@SciAm.com

Letters may be edited for length and clarity. We regret that we cannot answer each one. Post a comment on any article instantly at www.ScientificAmerican.com/sciammag